

ВЗГЛЯД

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

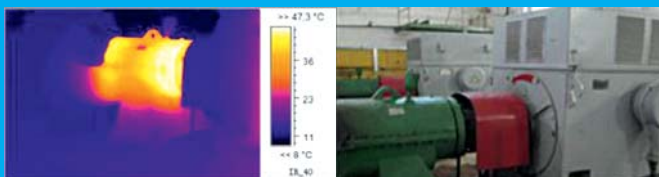
ГОСУДАРСТВО
СТИМУЛИРУЕТ КОНЦЕССИЮ

**МУПы могут
преобразовать
в казенные предприятия**



Очистка высокоцветных и маломутных вод: экономичное решение

Реконструкция
главной КНС
г. Егорьевска



Опыт
совершенствования
малых очистных
сооружений



**Автономное
водоотведение:
стандартизация
и практика**

**Ленточная фильтрация –
альтернатива первичному
отстаиванию**



**VODA
NEWS**

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ОТРАСЛИ ВКХ

vodanews.info

Только нужные новости — в рассылке Voda News

#УЗНАТЬ_ПЕРВЫМ_ОТ_ПЕРВЫХ



ОКТАБРЬ '2017 #5



КОНЦЕССИЯ



**ГЛАВНЫЙ
КРИТЕРИЙ**

Государство продолжит
стимулировать
коммунальную концессию

2

Реконструкция водопроводных
очистных сооружений
г. Северодвинска: экономичное
решение

7

Опыт реконструкции главной
канализационной насосной
станции г. Егорьевска

20

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**

Совершенствование малых
канализационных очистных
сооружений

27

Автономные системы канализации
с септиками и сооружениями
подземной фильтрации сточных вод

39

**Опыт реализации локальных
очистных сооружений** предприятий
пищевой промышленности
по технологии «MY DAF»

45

Ленточная фильтрация –
альтернатива первичному
отстаиванию на городских
очистных сооружениях
канализации

55

По данным Минстроя России, в сфере ЖКХ на сегодняшний день заключено 1638 концессионных соглашений (практически половина соглашений были заключены в 2016 г.). В сфере водоснабжения и водоотведения действуют 468 концессионных соглашений. Общий объем инвестиций составляет более 110 млрд руб., в среднем около 8 млн руб. в год на одну концессию. Даже эта сумма выглядит весьма скромной, если иметь в виду степень изношенности коммунальной инфраструктуры. Однако следует учесть, что больше половины из этой суммы – 58 млрд руб. обеспечивает концессионный проект в городе Волгограде (организатором финансирования концессии выступает ЗАО «Лидер», компания по управлению активами негосударственных пенсионных фондов). Таким образом, механизм модернизации объектов централизованного водоснабжения и очистки стоков через концессию пока нельзя считать эффективным.

Предлагаем читателям краткий обзор обсуждения вопросов стимулирования реализации концессионных проектов в сфере ВКХ, состоявшегося в рамках X Юбилейной конференции водоканалов России, проходившей в Калининграде 18–22 августа 2017 г. Дискуссия прошла с участием представителей Совета Федерации, Фонда содействия реформированию ЖКХ, Минстроя России, ФАС России, крупнейших компаний-операторов сектора ВКХ, Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, отраслевого экспертного сообщества.

Государство продолжит стимулировать коммунальную концессию

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ КОНЦЕССИИ

Правительством РФ разрабатывается несколько законопроектов в целях повышения эффективности концессионных соглашений. Подготовлены и, по большей части, согласованы с федеральными органами власти изменения в Федеральный закон «О концессионных соглашениях», это так называемый «проект о верификации».

Первая новация – при заключении концессионного соглашения инвестор, потенциальный концессионер, будет вправе проверить техническое состояние передаваемых объектов, провести верификацию, уточнить результаты технического обследования, проведенного муниципалитетом. Второй важный момент – если инвестор обратился с частной инициативой о заключении концессионного соглашения и не стал победителем конкурса, то иное лицо, заключившее концессионное соглашение, обязано будет компенсировать инициатору расходы, которые были понесены в рамках подготовки проектной документации и прохождения конкурсной процедуры. Третье планируемое нововведение, предлагаемое законопроектом – ведение реестра недобросовестных концессионеров. Конкретные параметры будут утверждены постановлением Правительства РФ. Лицу, которое числится в реестре, с кем ранее было

расторгнуто концессионное соглашение из-за ненадлежащего исполнения обязательств или по иным причинам, связанным с ненадлежащими действиями этого концессионера, муниципалитет будет вправе отказать в участии в конкурсе.

Еще одна инициатива, так называемый законопроект «О перехвате управления», предусматривает преобразование всех государственных муниципальных унитарных предприятий в сфере водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения в казенные предприятия. Данное решение было принято Правительством РФ, оно связано с огромным объемом долгов, которые имеют муниципальные и государственные унитарные предприятия перед поставщиками энергетических ресурсов. В отличие от МУПов и ГУПов за долги казенного предприятия субсидиарную ответственность будут нести муниципальные образования. В течение ближайших 2-х лет проект должен быть принят, после чего, с определенной даты, создание новых и функционирование действующих унитарных предприятий в сфере водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения будет прекращено. Разработчики надеются, что это также окажет стимулирующее воздействие на концессионный процесс.

Планируется использовать механизм укрупнения объектов водоснабжения и водоотведения. Минстрой России выступает с инициативой, чтобы установить утверждение схем водоснабжения и водоотведения и определение гарантирующих организаций на всю территорию субъекта Российской Федерации. Предполагается, что сначала это будет сделано как опция, как полномочия субъекта РФ, который получит возможность – утверждать схему не только для конкретного поселения округа, но и для всего муниципального района, может быть, для нескольких муниципальных районов или даже для всего субъекта Российской Федерации. Соответственно, гарантирующую организацию можно будет назначить не только для одной конкретной централизованной системы, но и для нескольких районов или для всего субъекта в целом.

Господдержка

Прямое финансирование модернизации коммунальной инфраструктуры, как было в программе «Чистая вода» и в других государственных программах, на сегодняшний день признано не эффективным. Выделение средств будет осуществляться с обязательным софинансированием проектов из иных источников, из региональных бюджетов, средств частных инвесторов. Правила предоставления финансовой поддержки утверждены Постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 997 «О реализации мер финансовой поддержки за счет средств государственной корпорации – Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». Соотношение объема привлеченных субъектом Российской Федерации за период предоставления финансовой поддержки в 2017–2018 годах денежных средств на реализацию проектов модернизации по заключенным в течение этого периода концессионным соглашениям к объему средств финансовой поддержки – 10 к 1. В случае если это условие не будет выполнено, субъект Федерации обязан будет вернуть средства финансовой поддержки пропорционально невыполнению планового показателя.

Оказание финансовой поддержки должно стимулировать субъекты Федерации к привлечению частных инвестиций в проекты модернизации коммунальной инфраструктуры, так как обеспечит инвесторам стоимость заёмных средств, привлечённых на их реализацию, по ставке, не превышающей 5 %.

Предполагается, что в 2017 году на цели господдержки будет распределено порядка 8 млрд руб. Средства могут быть использованы для софинансирования процентной ставки по кредитам, выданным на реализацию проектов по модернизации коммунальной инфраструктуры. Предусматривается две формы возмещения процентов – инвесторам, на уплату процентов по кредитам, или банкам в части недополученных дохо-

дов от процентов по выданным льготным кредитам на реализацию проектов по концессионным соглашениям. Также финансовая поддержка может быть предоставлена на подготовку проектов по созданию и реконструкции систем коммунальной инфраструктуры, в рамках которой средства могут быть направлены на оплату части расходов, связанных с проведением технического обследования, разработкой и внесением изменений в схемы ресурсоснабжения, подготовкой документов, необходимых для регистрации прав на объекты коммунальной инфраструктуры, разработкой бизнес-плана проектов модернизации и подготовкой конкурсной документации для проведения концессионных конкурсов. Средства будут предоставляться через Фонд содействия реформированию ЖКХ в пределах лимитов, установленных для каждого региона. Лимиты должны быть утверждены в течение ближайших месяцев.

Принято решение о создании такого инструмента, как отраслевой институт развития, Фонд содействия реформированию ЖКХ может быть трансформирован для выполнения его функций. В министерствах и ведомствах прорабатываются конкретные механизмы обеспечения финансирования проектов, это может быть выпуск собственных облигаций, привлечение кредитных средств на льготных условиях и др. По данным Минстроя России, до конца года эта работа будет завершена.

Отраслевым сообществом, профильными ведомствами давно обсуждается вопрос возрождения экологических фондов, в июне, на Всероссийском водном конгрессе была поставлена задача в Год экологии общими усилиями добиваться создания региональных водных фондов. Основным противником подобного целевого «окрашивания» бюджетных средств всегда выступает Министерство финансов, отстаивая принципы казначейского сопровождения бюджета. К тому же до 95 % платы за негативное воздействие на водные объекты остаются в субъекте РФ, в муниципалитете, и ничто не мешает им использовать эти средства на водоохранные мероприятия. Однако многое зависит от по-

литической воли руководства региона. Минстрой России поддерживает идею водных фондов, министр строительства и ЖКХ Михаил Мень докладывал об этом премьер-министру Дмитрию Медведеву на совещании 8 августа 2017 г. в Волгограде. Инициатива создания водных фондов поддержана, было дано соответствующее поручение.

В настоящий момент структура водных фондов планируется по аналогии с региональными дорожными фондами. Источниками финансирования этих фондов будет плата за негативное воздействие на водные объекты, средства от взимания административных штрафов за нарушение статей 8.12, 8.14 КоАП РФ по загрязнению водных объектов, средства от возмещения ущерба водным объектам.

Также Минстрой России предлагает ввести акцизы на фосфоросодержащие моющие средства, (порошки и прочие предметы бытовой химии).

Для модернизации сферы водоотведения до соответствия требованиям справочника по наилучшим доступным технологиям необходимо не менее 1,2 трлн руб. Плата за негативное воздействие на водные объекты за прошлый год составила менее 4 млрд рублей. Конечно, это капля в море того объема инвестиций, который необходимо привлечь для оптимизации сферы ВКХ. Вместе с тем, водные фонды должны стать одним из источников финансирования мероприятий по модернизации объектов водоотведения. Кроме того, в этом фонде могут аккумулироваться бюджетные средства, иные финансовые источники. Главное – они должны использоваться на целевые мероприятия.

ТАРИФНАЯ МОДЕЛЬ ДОЛЖНА РАБОТАТЬ

Ключевым вопросом развития концессии в ВКХ является проблема изыскания источника дополнительных средств на погашение разницы между реальной финансовой моделью в сфере водопроводно-канализационного хозяйства и той, что сегодня может быть реализована инвестором в рамках действующей системы регулирования тарифов.

Данные Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, которая рассчитала финансовые модели для водоканалов малых городов центральной части России, свидетельствуют о том, что привлечательными для инвесторов они станут при увеличении тарифа минимум на 30 %.

Пытаясь найти решение, нельзя отворачиваться от главной проблемы. Эксперты считают, что при тех тарифах, которые сегодня существуют, серьезных концессий построить невозможно. Необходимо выйти на уровень экономически обоснованных тарифов, с учетом долговременности контрактов. Обязательным элементом для заключения концессионных соглашений должна стать дорожная карта достижения экономически обоснованных тарифов.

Необходим механизм субсидирования межтарифной разницы инвесторам, пусть даже в качестве кредита с малой процентной ставкой, чтобы население «не оглушать» ростом тарифов, чтобы повышение было постепенным. По мнению Ассоциации, при таком подходе концессии в ВКХ могут дать галопирующий результат. Тогда в отрасль придет инвестор, просчитает честную модель, которая будет работать.

ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ СБЕРБАНКА

Подготовка и сопровождение инвестиционного проекта, с учетом требований финансовых институтов, зачастую требует сумм, соизмеримых с инвестиционным бюджетом проекта, что во многом является тормозом концессионного процесса и негативно сказывается на подготовке соглашений. Для решения этой проблемы Минстрой России совместно со Сбербанком разработали типовое отраслевое решение, которое позволит реализовать схожие региональные проекты. На сайте Минстроя России размещена типовая форма концессионного соглашения на модернизацию коммунальной инфраструктуры, которое может использоваться регионами и инвесторами для подготовки, финансирования и сопровождения региональных и муниципальных проектов государственно-частного

партнерства. Стал доступен набор шаблонов документов – коробочное решение, которое предполагает, что, если концессия будет разработана согласно предложенной форме, банк рассмотрит возможность проектного финансирования сроком до 15 лет под 11–14 % годовых. Залогом будут являться исключительно права по концессионному соглашению, фактически это гарантия выручки. Параметры, указанные в форме, могут быть скорректированы в зависимости от региона, инвестора и объекта концессионного соглашения. Типовая форма включает прямое соглашение, где банк выступает четвертой стороной. Кредитный договор между банком и концессионером заключается дополнительно.

Первое соглашение с применением типовой формы было подписано в июне текущего года в отношении реконструкции систем теплоснабжения г. Ясногорска Тульской области. Почему этот механизм будет работать в теплоснабжении, становится понятно из обсужденного опыта концессионера в г. Волгограде, имеющего, кроме концессии в отношении объектов водоснабжения и водоотведения, концессию «по теплу». На деле, финансовые модели несравнимы, у тепловиков гарантированно растет полезный отпуск с вводом новых площадей, у них – минимум частного сектора – основного неплательщика в водоснабжении, нет необходимости в дорогостоящих очистных сооружениях.

Строительство современных очистных сооружений, отвечающих требованиям наилучших доступных технологий – самая финансово емкая проблема, ее решение не под силу водоканалам. Экологические риски концессии в сфере ВКХ – крайне высоки, они являются серьезным тормозом инвестиционного процесса. Необходимо открыто ставить вопрос о том, что природоохранная деятельность – государственная функция. ●

**ПУБЛИКАЦИЯ ПОДГОТОВЛЕНА
РЕДАКЦИЕЙ ЖУРНАЛА «НДТ»
ПРИ СОДЕЙСТВИИ ЦЕНТРА ГЧП РАВВ
И ГК «ВОДОКАНАЛ ЭКСПЕРТ»**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ,
РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ ВОДЫ, ПОЧВЫ,
ОСАДКОВ, РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ**

МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

МЕЖЛАБОРАТОРНЫЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ШКОЛЫ-СЕМИНАРЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЛАБОРАТОРИЙ



ЗАО «РОСА»

**119297, Москва,
ул. Родниковая, д. 7, стр. 35**

Тел.: +7 (495) 502-44-22

E-mail: mail@rossalab.ru

www.rossalab.ru

**РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
проводит 14–15 декабря 2017 года
в Москве**



**Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения**

Итоговое мероприятие года «Законодательный Новый год»

В течение года в законодательстве произошли существенные изменения, влияющие на работу организаций ВКХ. На мероприятии будут разъяснены новации 2017 года, рассмотрены перспективы деятельности организаций сферы водопроводно-канализационного хозяйства на 2018 год

Присоединяйтесь к работе профессионального сообщества!

Получите важную для работы информацию

Обменяйтесь опытом с коллегами

Насладитесь предновогодней праздничной Москвой!

Следите за информацией на сайте raww.ru

Дополнительная информация по телефонам: (499) 137-32-40; (499) 137-73-76

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ 30 НОЯБРЯ 2017 ГОДА



ЧАСТНЫЕ
ОПЕРАТОРЫ
КОММУНАЛЬНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

info@p3operator.ru

+7 (495) 988-77-13

p3operator.ru



СТРАТЕГИЧЕСКАЯ СЕССИЯ

Типовые решения для коммунальных концессий – миф или продиктованная временем эволюция рынка ГЧП.



ОТКРЫТЫЕ ДЕБАТЫ

Регионы vs Муниципалитеты.
Кто главный в коммунальных концессиях?



КРУГЛЫЙ СТОЛ

Итоги Года экологии в России: был ли рост инвестиций в борьбу с отходами?



СТРЕСС-ТЕСТ

Перспективные коммунальные проекты.
В поисках партнеров.



ПАНЕЛЬНАЯ ДИСКУССИЯ

Реновация и капремонт:
модели привлечения частного инвестора.



Организатор:

При поддержке:

Партнер:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО
ПАРТНЕРСТВА



МИНСТРОЙ
РОССИИ



ЖКХ
РАЗВИТИЕ



Торгово-промышленная палата
Российской Федерации



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения

Реконструкция водопроводных очистных сооружений г. Северодвинска: экономичное решение

В.М. Ульченко¹,
начальник Отдела
Водоподготовки

Н.О. Татьяна²,
инженер-технолог

АО «МАЙ ПРОЕКТ»³

Выполненный компанией АО «Май Проект» комплексный проект по реконструкции очистных сооружений ВОС-2 г. Северодвинска включал обследование и лабораторные исследования, опытно-промышленные испытания в несколько периодов, проектные работы, прохождение государственной экспертизы, строительство очистных сооружений в качестве генподрядной организации, пусконаладочные работы и ввод сооружений в эксплуатацию.

На примере водопроводных очистных сооружений г. Северодвинска рассмотрены особенности модернизации и частичной ретехнологизации технологического процесса существующих сооружений очистки высокоцветных и маломутных вод, направленной на стабильную очистку воды до установленных нормативами требований и минимизацию себестоимости очищенной воды. Такие технологические приемы как использование рециркуляции осадка в комплексе с применением флокулянта, модернизация смесителей и камер хлопьеобразования с механическими перемешивающими устройствами, а также автоматизация работы дозирующих устройств с постоянным приборным контролем позволяют добиться стабильной эффективности работы водопроводных очистных сооружений.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОИСТОЧНИКА И КАЧЕСТВА ПОСТУПАЮЩЕЙ РЕЧНОЙ ВОДЫ

Источником водоснабжения г. Северодвинска является река Солза, вытекающая из Солозера. Река имеет 7 значительных притоков и много ручьев. Почти вся территория бассейна реки покрыта болотами, кроме того, в нем насчитывается 30 озер разной величины. Вода водоисточника, как и большинство рек Архангельской области, обладает

¹ +7 (495) 989-85-04 (доб.209), uly@myproject.msk.ru

² +7 (495) 989-85-04 (доб.211), tatyanko@myproject.msk.ru

³ 115054, г. Москва, Б. Строченовский пер., д. 7, эт. 8, www.myproject.msk.ru, +7 (495) 981-98-80

повышенной цветностью (100–220 град.), малой мутностью (0,4–2,5 мг/л), низким содержанием и малой щелочностью (0,3–1,2 мг-экв/л). Температура воды в течение года колеблется от 1 °С зимой до 18 °С летом. Наличие в воде большого количества органических веществ (гумусовые соединения: фульво- и гуминовые кислоты, преимущественно в виде солей) обуславливают высокую величину окисляемости воды, в среднем 26 мгО /л.

Очевидно, что это очень сложный водоисточник для очистки по классической технологии, однако лучших в этом регионе на требуемую производительность не существует. Надо отметить, что достоинством р. Солзы является то, что весь ее бассейн находится выше водозабора, расположен в лесной необитаемой зоне, где отсутствуют какие-либо источники антропогенного загрязнения.

ХАРАКТЕРИСТИКА СООРУЖЕНИЙ И ИХ ПРОБЛЕМЫ ДО РЕКОНСТРУКЦИИ

В состав основных сооружений ВОС-2 г. Северодвинска входят:

- блок фильтров и отстойников;
- блок реагентного хозяйства;
- отдельно стоящая хлораторная со складом хлора;
- насосная станция сгустителей шлама и усреднители;
- резервуары чистой воды;
- насосная станция второго подъема.

Очистные сооружения водопровода были запроектированы на производительность 110 тыс. м³/сут, с классической двухступенчатой схемой очистки воды на горизонтальных отстойниках и скорых фильтрах. Реальная производительность после введения всех мощностей сооружений и проведения работ по технологической режимной наладке в 1985 году составила 67 тыс. м³/сут.

На сооружениях предусмотрена реагентная обработка воды: первичное и вторичное хлорирование, коагулирование сульфатом алюминия (Al₂(SO₄)₃), подщелачивание и стабилизация кальцинированной содой (Na₂CO₃).

Поступающая на сооружения вода через камеру переключения распределяется на гидравлические перегородчатые смесители. Перед смесителями в подающий водовод дозируется хлор и сульфат алюминия. Сода для подщелачивания подается непосредственно в смеситель. Из смесителя вода поступает в камеры реакции (камеры хлопьеобразования), совмещенные с отстойниками. Далее в отстойниках происходит осаждение хлопьев, после чего вода собирается в сборный канал и поступает на фильтры. После фильтрации производится вторичное хлорирование и вторичное подщелачивание.

Сооружения ВОС-2, работающие по описанной классической технологии не справлялись с очисткой маломутной речной воды с высоким содержанием гумуса и низкой температурой. Кроме того, качество воды в водоисточнике существенно изменилось с момента ввода ВОС-2 в эксплуатацию.

Качество очищенной воды было крайне нестабильным и не отвечало требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Величина перманганатной окисляемости и концентрация остаточного алюминия часто превышали ПДК. Среднемесячные показатели окисляемости очищенной воды доходили до 11,6 мгО/л, (2,12 ПДК), что обуславливало и сверхнормативную цветность воды, а содержание остаточного алюминия до 2,2 мг/л (4,4 ПДК).

ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. ОБЪЕМ ПРОИЗВЕДЕННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

В сложившейся ситуации рассматривался вариант строительства новых сооружений, основанных на мембранных технологиях, с использованием коагуляции, озонирования и фильтрования. Это позволило бы обеспечить высокое качество воды, но требовало значительных капитальных и затрат. Что немаловажно, реализация этих решений привела бы к значительному увеличению себестоимости очистки, что связано как с ростом затрат, так и амортизационных отчислений на восстановление многократно увеличившихся основных средств.

Компания «Май Проект» предложила и реализовала на ВОС-2 существенно более экономичное решение. В процессе разработки проектных решений было проведено обследование каждого узла и всех ступеней очистки с целью выявления недостатков и подготовки схемы модернизации. В результате предпроектных изысканий определено, что для достижения требуемых показателей очистки нет необходимости в изменении всего технологического процесса, а достаточно модернизации с элементами ретехнологизации по отдельным узлам. Это позволило обеспечить надлежащее качество очищенной воды при меньших капитальных затратах и, следовательно, с меньшей себестоимостью.

В состав технических решений, разработанных компанией, вошли, во-первых, мероприятия, позволившие значительно интенсифицировать процессы коагуляции и повысить их эффективность: применение рециркуляции осадка из отстойников, использование механических мешалок на ста-

дии смешения реагентов с водой и дополнительного реагента – флокулянта. Если флокулянт делает возможным образование устойчивых хлопьев, то рециркуляция осадка создает в очищаемой воде такую концентрацию центров хлопьеобразования, которая обеспечивает высокую скорость и полноту процесса очистки воды при низких температурах.

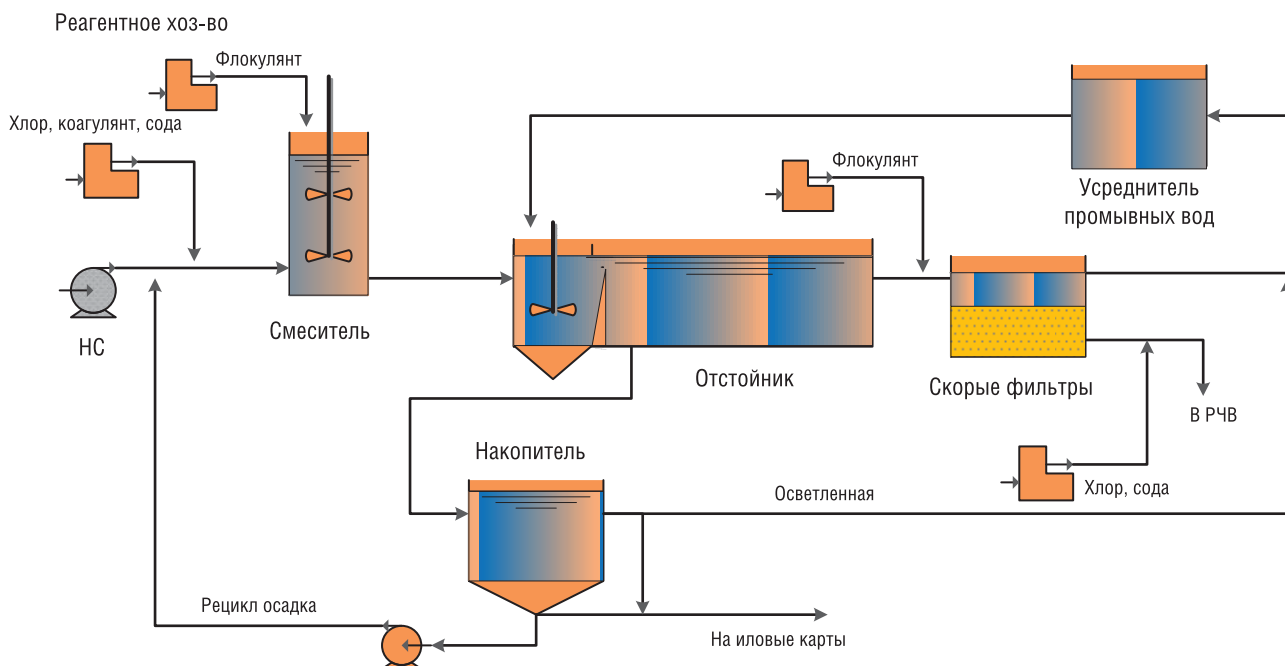
Кроме того, для постподщелачивания было предложено простое и экономичное решение по использованию дополнительной доломитовой загрузки в скорых фильтрах.

Также технические решения включали в себя создание системы аналитического контроля процесса очистки.

В результате новое строительство потребовалось только для обеспечения рециркуляции осадка отстойников в речную воду – строительство камеры на водоводах речной воды.

Принятая в проекте реконструкции технологическая схема представлена на рис. 1.

Рис. 1. Принципиальная схема ВОС-2 г. Северодвинска после реконструкции



По проведенной технико-экономической оценке, реализация предложенных решений примерно в 8 раз дешевле внедрения технологии, основанной на ультрафильтрационных мембранах. Однако, было необходимо доказать их практическую эффективность. Для этого в течение одного года было проведено несколько серий лабораторных и промышленных испытаний, которые подтвердили возможность обеспечения предложенным образом требуемого качества воды.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ И КАМЕР ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ

Для смешения речной воды с реагентами на ВОС-2 использовался двухсекционный гидравлический смеситель. Очевидно, что эффективность действия коагулянта зависит от скорости диспергирования его раствора в объеме и полноты диффузии. Гидравлический смеситель (точнее, его входная камера) недостаточно хорошо справлялась с задачей быстрого диспергирования коагулянта, что, в частности, было вызвано недогруженностью сооружений. Смеситель был модернизирован с установкой двух трехлопастных механических мешалок. На рис. 2 представлена схема левой секции смесителя после выполнения работ.

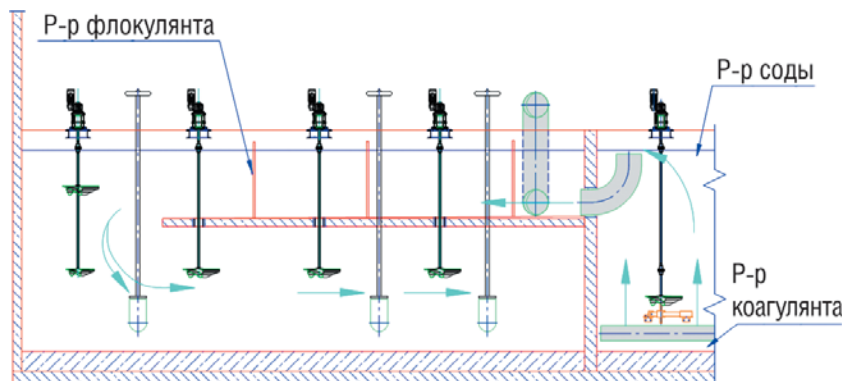
Смеситель и распределительная камера горизонтальных отстойников являются двухуровневым сооружением: коридорный перегородчатый смеситель расположен над распределительной камерой.

Время пребывания воды в смесителе составляет 14–20 мин, в зависимости от нагрузки на сооружения. Начальный участок зоны смешения, в котором установлены три перегородки-турбулизатора, остался без изменений, на последней из них закреплено распределительное устройство для ввода флокулянта. В связи с вводом флокулянта зона смешения удлинилась, но так как конструкция смесителя не рассчитана на такую технологическую задачу, то для обеспечения необходимой эффективности смешения флокулянта с водой на участке ее прохода из смесителя в распределительную камеру отстойников была предусмотрена дополнительная вертикальная механическая мешалка (на рис. 2 – крайняя слева). Эта мешалка на валу имеет два ряда лопастей в верхней и нижней части, обладающих разными гидравлическими характеристиками, что связано с различными функциональными задачами. В верхней части – это смешение флокулянта с водой, в нижней – создание оптимальных условий для прохождения процессов коагуляции и флокуляции, а также совместная работа с другими мешалками (см. далее).

В целях предотвращения осаждения сфлуккулированной взвеси в распределительной камере отстойников ниже уровня входных отверстий в них (донных клапанов) в ней установлены еще три пропеллерные мешалки.

Все механические мешалки, кроме расположенной во входной камере, имеют возможность изменения частоты вращения

Рис. 2.
СХЕМА МОДЕРНИЗАЦИИ
СМЕСИТЕЛЯ ВОС-2
(ЛЕВАЯ СЕКЦИЯ
СМЕСИТЕЛЯ)



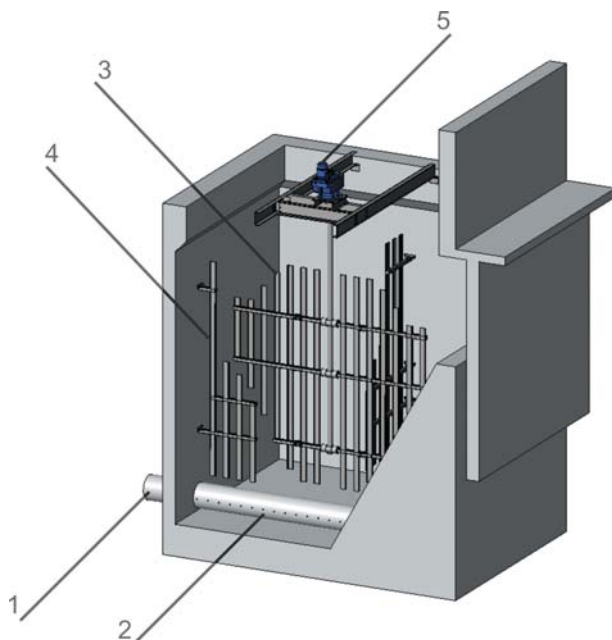


Рис. 3.
РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КАМЕР
ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ В МЕХАНИЧЕСКИЕ:
1 — вход воды в КХО;
2 — РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ПЕРФОРИРОВАННАЯ ТРУБА;
3 — РАМНАЯ МЕШАЛКА ЗМТ-1-304;
4 — ПРИСТЕННЫЙ ТУРБУЛИЗАТОР;
5 — ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕШАЛКИ

Рис. 4.
МОСТИК ДЛЯ УСТАНОВКИ МЕШАЛОК КАМЕР
ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ



за счет использования регулируемого привода. В периоды низкой цветности воды и достаточной температуры возможна работа секции смесителя только с двумя мешалками, но с максимальной скоростью их вращения. В периоды высокой цветности воды и низкой температуры необходимо запускать в работу все четыре мешалки, на самых низких оборотах, чтобы исключить разрушение образующихся хлопьев. В эти периоды мешалки поддерживают равномерную концентрацию взвеси во всем объеме распределительной камеры отстойников, что способствует более полной коагуляции при низкой температуре.

После смесителя вода поступает в камеру хлопьеобразования (КХО) горизонтального отстойника, где продолжают процессы коагуляции и ортокинетической флокуляции. Необходимая для агрегации частиц энергия привносится за счет установленной механической рамной мешалки (рис. 3). Размещение обычной вертикальной мешалки недостаточно эффективно вследствие конструктивных особенностей камеры, поэтому специалистами компании «Май Проект» была разработана специальная мешалка, работающая совместно со стационарными пристенными турбулизаторами, конструкция которой защищена патентом [1].

Мешалка подвешена на верхнюю балку без использования нижней опоры, что позволяет устанавливать ее в любые камеры хлопьеобразования независимо от конфигурации днища сооружения. Регулируемый привод мешалки позволяет настраивать скорость ее вращения в зависимости от свойств обрабатываемой воды и образующегося осадка с целью обеспечения максимально благоприятных условий для прохождения процесса флокуляции. Для монтажа и обслуживания мешалок вдоль камер хлопьеобразования проектом был предусмотрен мостик (рис. 4).

В сравнительном исследовании гидравлической и механической КХО показано технологическое преимущество последней в условиях низких температур обрабатываемой воды. Определено, что оптимальная радиальная скорость вращения мешалки камеры

хлопьеобразования ВОС-2 г. Северодвинска при низкой температуре воды должна быть около 0,36 м/с [2].

Использование перемешивающих устройств в камерах хлопьеобразования позволило до 50 % снизить грязевую нагрузку на фильтровальные сооружения, а, следовательно, и существенно уменьшить энергозатраты и расход очищенной воды на промывку скорых фильтров.

При использовании механических перемешивающих устройств снижается концентрация «контактной среды» в камеры хлопьеобразования, но результаты работы КХО показывают, что этот фактор не имеет решающего значения за счет того, что в камеру вносится дополнительная энергия, способствующая агрегации частиц.

Мешалки в КХО обеспечивают лучшее выделение растворенных в воде газов, в данном случае – углекислоты, что уменьшает последующую флотацию примесей в отстойниках.

Сброс осадка из отстойников происходит по повышению мутности отстоянной воды. Мутность воды контролируется с помощью автоматического многопоточного анализатора КИМ «Коагулянт-Осветлитель».

РЕТЕХНОЛОГИЗАЦИЯ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ

После отстойников вода поступает на скорые фильтры, которые также были модернизированы. Ретехнологизация скорых фильтров заключалась в следующем. Вместо песчаной загрузки перешли на песчано-доломитовую, которая не только осветляет воду, но и подщелачивает ее, обеспечивая постепенное изменение величины рН от точки коагулирования органических примесей к точке минимальной растворимости соединений алюминия. Для загрузки фильтров применялся доломит, имеющий гидравлическую крупность, сопоставимую с гидравлической крупностью используемого песка, чтобы не происходило расслоения фильтрующих материалов.

Подщелачивание воды должно начинаться после удаления скоагулированных

органических частиц, но и не в последний момент (перед дренажной системой), поэтому для быстрого запуска фильтров в стабильную работу слой доломита высотой 400 мм укладывался в среднюю часть фильтрующей загрузки под слой песка в 300 мм. В процессе эксплуатации в течение двух месяцев произошло смешение фильтрующих материалов и равномерное распределение доломита в песчаной загрузке.

Кроме того, на входе в скорые фильтры были установлены индукционные расходомеры, которые позволяют равномерно нагружать фильтровальные сооружения, что также немаловажно для их эффективной эксплуатации.

Промывка скорых фильтров осуществляется при увеличении мутности фильтрата, значение которого контролируется с помощью многопоточного прибора КИМ «Коагулянт-Осветлитель». Прибор позволяет отслеживать в автоматическом режиме изменение мутности и рН фильтрованной воды и тем самым максимально увеличить продолжительность фильтроцикла скорых фильтров, следовательно, снизить потребление очищенной воды на выполнение промывок.

Измерение показателя рН отфильтрованной воды позволяет контролировать состояние фильтра и оценивать необходимость досыпки в него доломита. После первых лет эксплуатации необходима дозагрузка доломита в количестве 0,1–0,15 м³ на 1 м² площади фильтрующей загрузки, т.е. $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3}$ от изначально добавленного количества.

БЛОК РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОСАДКА

Еще одним элементом ретехнологизации сооружений очистки речной воды стало применение рециркуляции осадка. В связи с невозможностью достаточно стабильно забирать с этой целью осадок из горизонтальных отстойников было принято решение о создании внешнего контура рециркуляции. Контур рециркуляции состоит из двух накопителей осадка с линией отвода осветленной воды и линии подготовленного концентрированного осадка.



Рис. 5.
РАДИАЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ОСАДКА ДЛЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

Накопители осадка представляют собой цилиндрические емкости диаметром 12 м (рис. 5), в которых размещено перемешивающее оборудование и устройство для отвода осветленной воды (рис. 6).

Концентрированный осадок подается в речную воду до ввода реагентов с помощью насосов, производительность которых зависит от расхода речной воды.

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ДОЗИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Модернизация коренным образом коснулась реагентного хозяйства и приборов контроля технологического процесса. Устаревшая схема подачи реагентов через насадки из баков с постоянным уровнем заменена на подачу с помощью дозирующих станций.

Доза коагулянта, определяемая по результатам пробной коагуляции (см. рис. 7), задается насосам-дозаторам дистанционно, через контроллер и панель управления, установленную в операторской, а дозирующие станции поддерживают необходимый расход в зависимости от расхода поступающей на очистку воды.

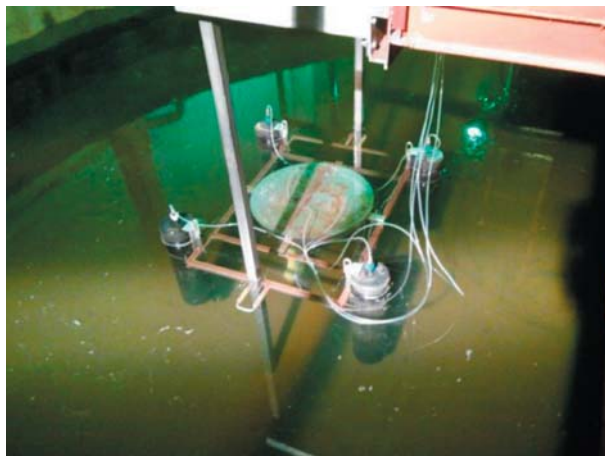


Рис. 6.
**ДЕКАНТЕР ДЛЯ СБОРА ОСВЕЩЕННОЙ ВОДЫ
В НАКОПИТЕЛЕ ОСАДКА**

Очищаемая на водопроводных очистных сооружениях г. Северодвинска вода имеет очень небольшой щелочной резерв (щелочность 0,3–1,2 мг-экв/л) и дрейфующую по реакции pH точку коагулирования (от 5,2 до 6,6), что значительно ограничивает возможность управления работой сооружений в ручном режиме. Для поддержания оптимальной величины pH предусмотрена установка автоматических дозирующих станций, управляемых контроллерным оборудованием в зависимости от показаний датчиков pH (рис. 8).

Положительное влияние автоматического дозирования реагентов на работу сооружений также связано с возможными скачками расхода воды, так как на одних водоводах расположены две гидравлически связанных водоочистных станции – две технологических линии на ВОС-2 и шесть линий на ВОС-1 г. Северодвинск.

Опробованное введение флокулянта на стадии хлопьеобразования дозой 0,1–0,2 мг/л и перед скорыми фильтрами дозой 0,05 мг/л оказало положительное влияние на содержание остаточного алюминия. В результате применения флокулянта перед отстойниками значительно увеличивается гидравлическая крупность образующегося



Рис. 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОБНОЙ КОАГУЛЯЦИИ. СЛЕВА НАПРАВО: №№ 1-3 — БЕЗ ВВЕДЕНИЯ ОСАДКА, №№ 4-6 — С ВВЕДЕНИЕМ ОСАДКА

осадка, и его можно более эффективно использовать в контуре рециркуляции, также снижается нагрузка на скорые фильтры. Применение флокулянта перед скорыми фильтрами позволяет получить надежные показатели по цветности, перманганатной окисляемости и содержанию остаточного алюминия. Необходимое количество раствора флокулянта дозируется в обрабатываемую воду в зависимости от расхода воды, поступающей на сооружения посредством автоматических дозирующих станций.

Рис. 8.

ДОЗИРУЮЩИЕ СТАНЦИИ ФЛОКУЛЯНТА



Впоследствии обнаружилось наличие побочного эффекта для работы скорых фильтров от ввода флокулянта. Он заключался в более быстром росте гидравлического сопротивления фильтрующего материала и сокращении продолжительности фильтроцикла. Было принято решение использовать флокулянт на стадии фильтрования только в случае недостаточного осветления воды в отстойниках, в качестве экстренного временного мероприятия до стабилизации их работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Сооружения реконструировались и вводились в эксплуатацию поэтапно, в зависимости от готовности.

Согласно графику реконструкции водочистных сооружений, в I квартале 2015 г. была проведена перегрузка девяти скорых фильтров. В каждую секцию фильтров засыпано по 24 м³ (400 мм) доломита, а также вводилось в эксплуатацию контрольно-измерительное оборудование непрерывного контроля pH и мутности после смесителей. Этот этап работы сооружений на рис. 8-11 показан красной линией.

С декабря 2015 г. запущено в эксплуатацию оборудование механического перемешивания смесителей и камер хлопьеобразования, оборудование приготовления и дозирования раствора флокулянта, дозирующие станции раствора соды и коагулянта, а также блок рециркуляции осадка. Этот этап реконструкции на сравнительных графиках показан зеленой линией.

Средние показатели качества воды на входе и после очистки за отдельные периоды представлены в табл. 1.

Качество речной воды по показателям цветность, остаточный алюминий и мутность в период с 2010 по 2017 гг. представлено на рис. 9–11. Как видно, в 2015–2017 гг. качество воды в водоисточнике несколько ухудшилось почти на всем протяжении года по сравнению с более ранним периодом. Среднегодовое увеличение цветности составило около 30 %. Если до реконструкции среднемесячная цветность воды была самой высокой в октябре – 191 град по платинокобальтовой шкале (ПКШ), то в 2015 г. этот показатель в августе составлял 242° ПКШ и 246° ПКШ в 2016–2017 гг. В октябре 2016 г. он также превышал 200° ПКШ.

Согласно представленным в табл. 1 и на рис. 9–11 данным, добавление доломита в загрузку скорых фильтров (красная линия – данные за 2015 г.) уже оказало существенное положительное влияние на все показатели очищенной воды, и особенно на концентрацию остаточного алюминия, растворимость которого при более высоком значении pH (в данном диапазоне) ниже. На-

пример, в период осеннего паводка среднемесячное значение остаточного алюминия снизилось с 1,28 мг/л до 0,7 мг/л. Однако этот показатель превышал ПДК (0,5 мг/л).

После введения всего оборудования в эксплуатацию, то есть с января 2016 г., концентрация остаточного алюминия в очищенной воде еще снизилась и уже стабильно удерживалась ниже нормативных требований. Повышение содержания алюминия выше 0,5 мг/л наблюдалось только в августе и октябре, когда проводились работы по техническому обслуживанию дозирующего оборудования растворов коагулянта и соды, и на некоторое время оно отключалось.

Ожидаемо, перегрузка скорых фильтров с добавлением доломита не повлияла на мутность очищаемой воды. После введения в эксплуатацию всего оборудования мутность очищенной воды снизилась значительно: с 1,2 мг/л (за период 2010–2015) до 0,6 мг/л (2016–2017), т.е. в 2 раза. Конечно, снижение мутности, прежде всего, связано с введением в воду флокулянта.

На рис. 12 представлена динамика изменения показателя перманганатная окисляемость за рассматриваемые периоды эксплуатации. Здесь также следует отметить снижение этого показателя, причем в среднем за период 2010–2015 годы он составлял 5,3 мгО/л, с превышением в летние-осенний период, а в 2016–2017 годы перманганатная окисляемость уже не превышала порога в 5 мгО/л, кроме указанного периода технического обслуживания нового оборудования, и в среднем за период составила 4,3 мгО/л.

Таблица 1.

Качество речной воды и воды после очистки за характерные эксплуатационные периоды

Период, годы	Показатели исходной воды					Показатели очищенной воды		
	цветность, град	мутность, мг/л	щелочность, мг-экв./л	pH	t, °C	мутность, мг/л	остаточный алюминий, мг/л	окисляемость перманганатная, мгО/л
2010–2015	144	2,00	0,49	7,0	6,2	1,2	0,89	5,3
2015	191	2,7	0,29	6,9	7,6	0,96	0,46	5,0
2016–2017	188	1,7	0,49	7,0	7,2	0,61	0,32	4,2

Рис. 9.
СРЕДНЕМЕСЯЧНАЯ ЦВЕТНОСТЬ
РЕЧНОЙ ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ
НА СООРУЖЕНИЯ ВОС-2 Г.
СЕВЕРОДВИНСКА С 2010 Г. ПО 2017 Г.

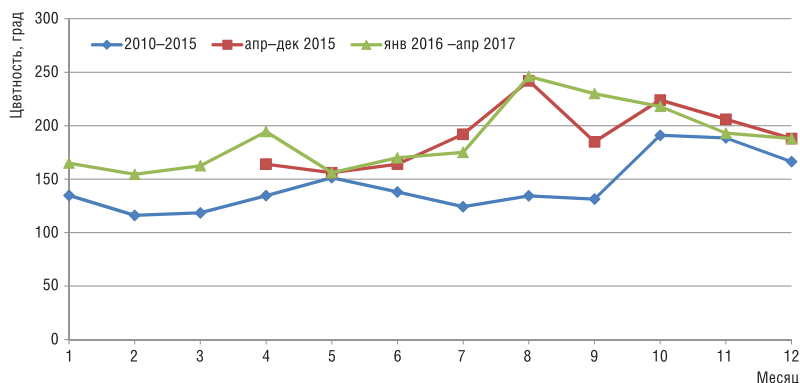


Рис. 10.
СРЕДНЯЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ
ОСТАТОЧНОГО АЛЮМИНИЯ
ПО МЕСЯЦАМ ГОДА И ТРЕМ ПЕРИОДАМ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

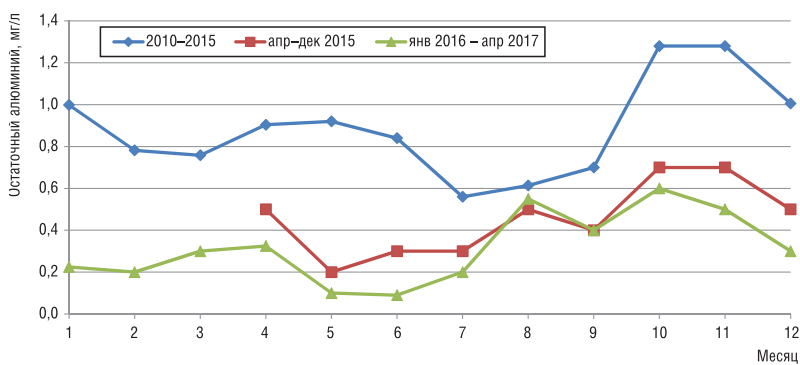


Рис. 11.
СРЕДНЯЯ МУТНОСТЬ ОЧИЩЕННОЙ
ВОДЫ ПО МЕСЯЦАМ ГОДА И ТРЕМ
ПЕРИОДАМ ЭКСПЛУАТАЦИИ
СООРУЖЕНИЙ

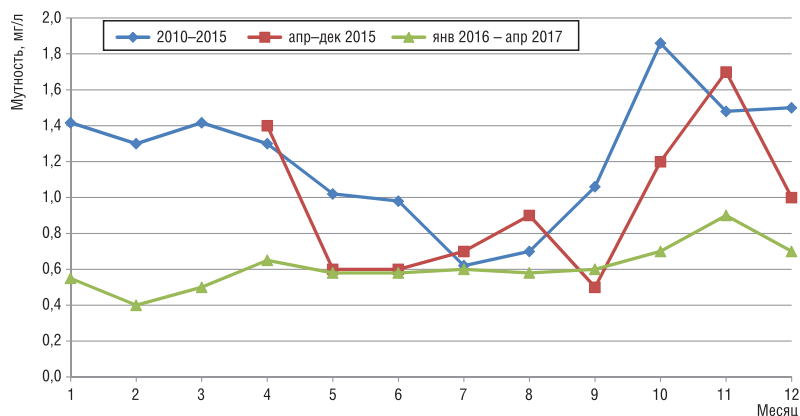
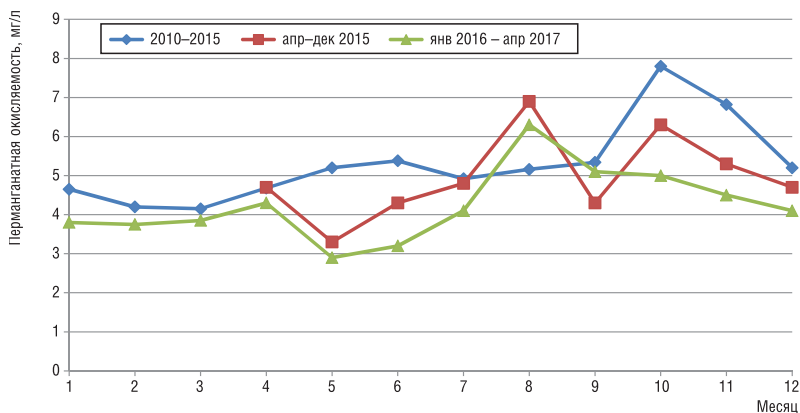


Рис. 12.
СРЕДНЯЯ ПЕРМАНГАНАТНАЯ
ОКИСЛЯЕМОСТЬ ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ
ПО МЕСЯЦАМ ГОДА И ТРЕМ ПЕРИОДАМ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ



В наиболее сложный период работы сооружений – зимой, когда температура воды ниже 4 °С, и процесс коагуляции и хлопьеобразования идет вяло, а цветность поступающей воды еще повышенная, предусмотрена возможность подачи в «голову» сооружений предварительно накопленного осадка из отстойников. На рис. 7 представлены результаты пробной коагуляции, где в первых трех стаканах слева находится вода с добавлением растворов коагулянта, соды и флокулянта, а с 4-го по 6-й – с добавлением осадка после накопителей.

Отдельно была проведена сравнительная оценка влияния рециркуляции осадка на качество воды на действующих сооружениях. Одна половина сооружений работала, без рециркуляции осадка, а вторая – с рециркуляцией. Цветность воды в этот период составляла 185–195° ПКШ, температура воды –1,5 °С, щелочность – 0,38 мг-экв/л. Дозирование коагулянта в виде 7 % раствора сульфата алюминия выполнялось в зависимости от расхода поступающей на очистку воды в автоматическом режиме, доза коагулянта составляла 16 мг/л по Al_2O_3 .

Дозирование раствора соды также происходило в автоматическом режиме по датчикам pH. При предварительно проведенной пробной коагуляции была определена оптимальная реакция pH для процесса очистки – 5,8 ед.

Осадок для рециркуляции вводится перед смесителем. Расход рециркулирующего осадка подбирался таким образом, чтобы мутность воды после смесителей повышалась с исходных 20–35 FNU до 100–130 FNU. Мутность воды смесителей в непрерывном режиме контролируется по приборам Ultraturb Nach.

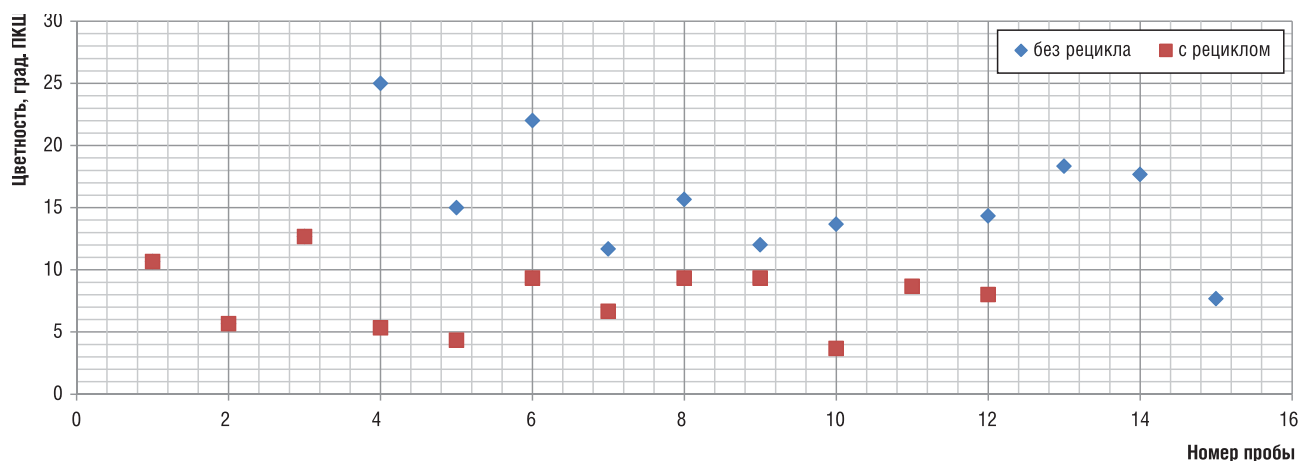
На рис. 13 представлена динамика цветности обработанной воды с рециркуляцией осадка и без нее.

Среднее значение цветности воды за сравниваемый период после сооружений, работавших без рециркуляции осадка, составило 14° ПКШ, а после сооружений, работавших с рециркуляцией осадка – 7,8° ПКШ.

Содержание остаточного алюминия в воде после очистки с введением осадка в рецикл и без представлено на рис. 14.

Рис. 13.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ И БЕЗ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОСАДКА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «ЦВЕТНОСТЬ»



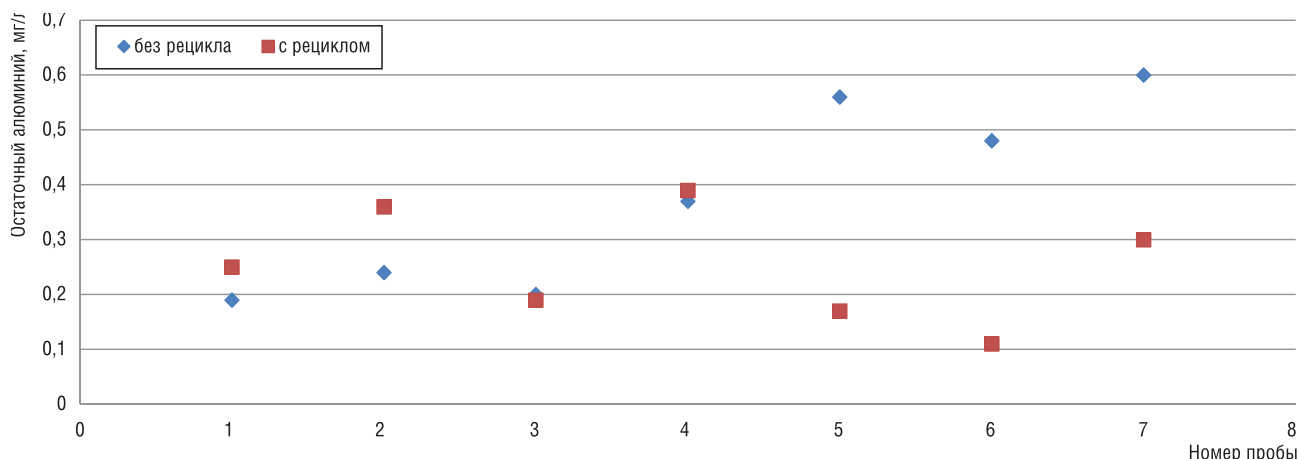


Рис. 14.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ И БЕЗ РЕЦИРКУЛЯЦИИ
ОСАДКА ПО ОСТАТОЧНОМУ СОДЕРЖАНИЮ АЛЮМИНИЯ В ОЧИЩЕННОЙ ВОДЕ

Остаточный алюминий также был выше на той части сооружений, которая работала без рецикла осадка, и составил в среднем 0,41 мг/л за серию, против линии с рециклом – 0,25 мг/л.

Рецикл осадка способствует интенсивной коагуляции коллоидных веществ природной воды и хлопьеобразованию, а осадок, формируемый после камер хлопьеобразования, имеет большую гидравлическую крупность.

Выводы

В результате реконструкции водопроводных сооружений ВОС-2 г. Северодвинска была достигнута необходимая степень очистки по основным, наиболее критичным показателям – остаточному алюминию, окисляемости пермангантной и цветности.

Реконструкция сооружений выполнена с частичной ретехнологизацией технологического процесса работы отдельных сооружений, что позволило получить результат с минимальными капитальными вложениями и минимальным ростом эксплуатационных затрат.

Выполнена реконструкция реагентного хозяйства водопроводных сооружений, которая позволяет вести автоматическое дози-

рование реагентов в зависимости от технологической необходимости.

Рециркуляция предварительно сконцентрированного осадка водопроводных сооружений дает возможность в периоды недостаточно эффективной коагуляции успешно справляться с очисткой цветной маломутной воды.

С завершающим этапом очистки воды успешно справляются скорые фильтры с песчано-доломитовой загрузкой, обеспечивая необходимую эффективность очистки воды по основным показателям.

Аппаратный контроль мутности воды после отстойников и фильтров, с проведением промывок или сброса осадка по этому показателю, способствует снижению потребления воды сооружениями на собственные нужды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЕШЕНГИССЕР Ю.М., ЖУРБА М.С., ПЕЛЫХ С.Н., УЛЬЧЕНКО В.М. КАМЕРА ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ // ПАТЕНТ RU 146147 U1, 4.03.2014
2. В.М. Ульченко, И.Ю. Бойко СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕХОДА ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КАМЕР ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ К МЕХАНИЧЕСКИМ НА ВОС г. СЕВЕРОДВИНСКА // НДТ № 5, 2016 г.

Журнал начинает публиковать серию статей о практическом опыте применения новых технологий и оборудования в водоканалах Московской области.

Опыт реконструкции главной канализационной насосной станции г. Егорьевска

В.А. Митрюшин,
начальник Управления
развития ГУП МО «КС МО»¹

Главная канализационная насосная станция г. Егорьевск (ГКНС) осуществляет перекачку сточных вод города на очистные сооружения канализации в г. Воскресенск (ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»). Длина каждой из двух линий напорного трубопровода составляет 36,5 км.

ГКНС эксплуатируется с 1973 г., оборудование морально и физически устарело (средняя амортизация технологического и электросилового оборудования по данным бухгалтерского учета – более 80 %). Паспортная производительность ГКНС – 55 200 м³/сутки, фактический среднесуточный приток примерно в два раза ниже – около 25 000 м³/сутки.

Оборудование ГКНС и трансформаторной подстанции до реконструкции

В машинном зале установлены 5 насосов СД 2400/756 (1973–2009 годы выпуска), с высоковольтными приводами, тип электродвигателей А4-450 УК-8М УЗ (6 кВ; 61,5 А, 500 кВт, 750 об/мин). Насосы включаются в работу попеременно, постоянно в работе находится один насос.

В грабельном отделении были установлены 2 решетки МГ-16, с прозором 16 мм для выделения плавающих частиц и мусора. Съем загрязнений с решетки осуществлялся вручную, граблями. По причине высокой коррозии средний срок работы решеток составлял не более 3-х лет, после чего силами ремонтного персонала из стальных полос изготавливалась новая решетка.

¹ Митрюшин Владимир Александрович, e-mail: ecomtr@yandex.ru.

Схема расположения насосного оборудования в машинном зале на рис. 1.

Электропитание насосов осуществлялось напрямую из РУ-6кВ в ТП-168, через кабельные линии. Подстанция введена в работу в 1973 г., оборудование морально и физически устарело, питание – 6 и 10 кВ от 2-х независимых подстанций в г. Егорьевск.

ТП-168 расположено в отдельном от ГКНС здании на расстоянии 70 м.

Старые трансформаторы ТМ-400 и ТМ-160 имели 8-ми кратный запас мощности.

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМ

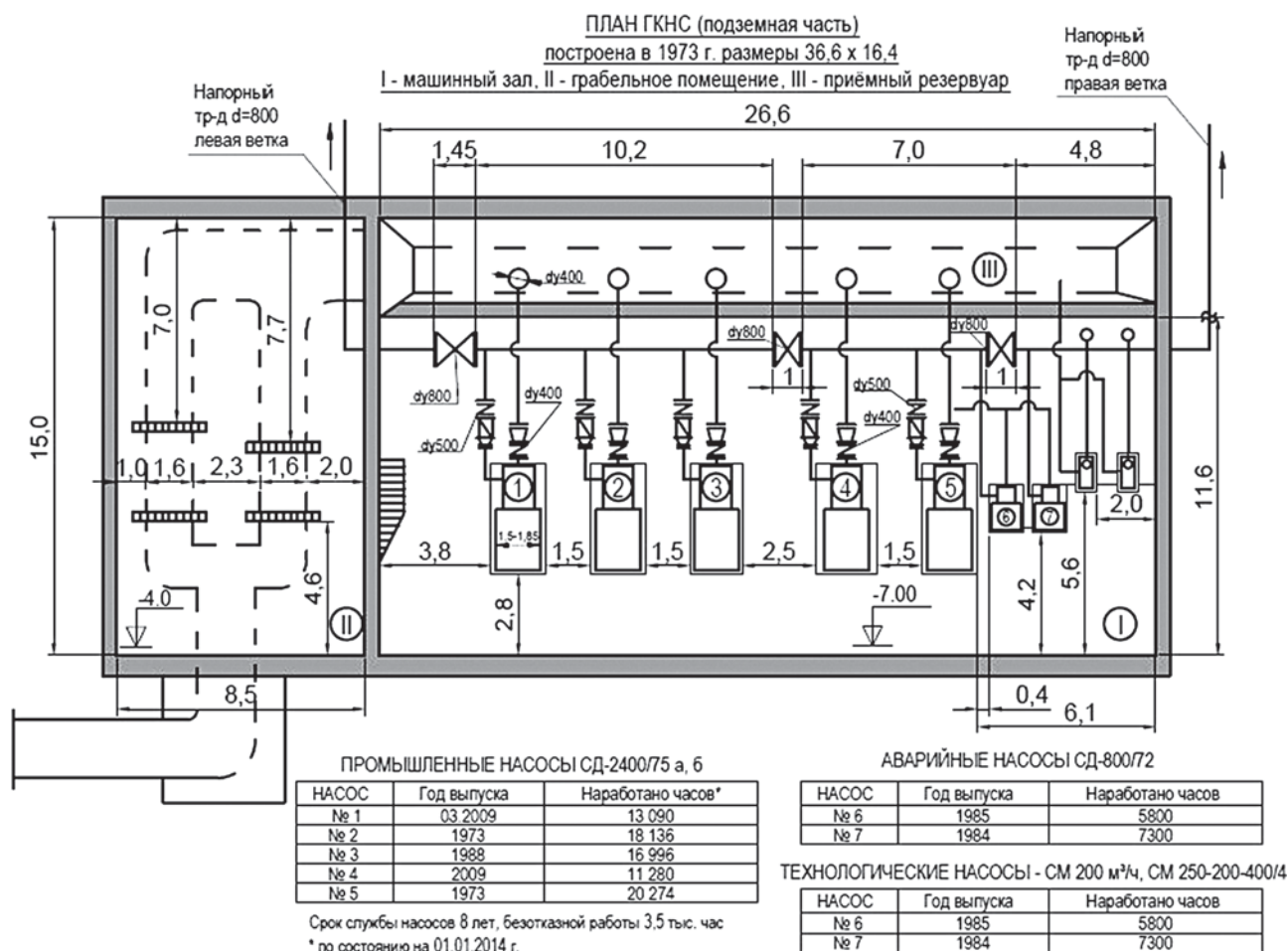
Питающие ГКНС силовые и управляющие (сигнальные) кабели имели 100 % амортизацию и требовали срочной замены в связи с участившимися случаями пробоев изоляции.

Необходимость реконструкции насосной станции и ТП-168 была обусловлена следующими факторами:

- физический и моральный износ ГКНС и электрооборудования;
- избыток мощности агрегатов ($\approx 50\%$) по расходу и напору;
- высокие потери в трансформаторах;
- регулярное засорение насосов и запорной-регулирующей арматуры из-за нестабильной работы грабельных решеток.

Рис. 1.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В МАШИННОМ ЗАЛЕ



Предприятие не располагало средствами для реконструкции ГКНС за счет средств тарифа на перекачку стока, прибыли или инвестиционной составляющей. За счет этих источников реконструкция станции продлилась бы более 40 лет. Проведенный анализ также показал нерентабельность использования механизма энергосервиса для модернизации ГКНС в 2015–2018 годах в связи со сложившейся экономической ситуацией. Отмечена устойчивая тенденция по ежегодному уменьшению объемов стоков, поступающих от абонентов в Егорьевске, что приводит к плановому снижению доходов предприятия, тогда как рост тарифов на электроэнергию усугубляет сложившееся положение. Для сохранения уровня прибыли предприятия необходимо было снижать эксплуатационные затраты путем повышения эффективности работы насосных агрегатов и трансформаторной подстанции.

Была поставлена задача выявить минимально-достаточные мероприятия, позволяющие безаварийно эксплуатировать объект в ближайшие 15–20 лет и достичь эффекта энергосбережения на уровне обязательных федеральных нормативов.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В разработке технологических решений принимали участие заведующий кафедрой гидравлики факультета «Инженерных систем и экологии» Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства (МГАКХиС) д-р техн. наук В.Г. Николаев, а также специалист ЗАО «Водоснабжение и водоотведение» А.В. Устюжанин. Техническое консультирование осуществлял главный инженер филиала «Колев» ГУП МО «КС МО» И.М. Мехдиев.

В качестве исходных данных были приняты архивные данные по суточному притоку на ГКНС в течение двух лет, а также данные энергетического обследования. Выполнены контрольные замеры напора и расхода на выходе из насосов, станции и в диктующих точках сети. Столь подробный анализ данных позволил максимально точно подобрать оборудование под фактический график притока на станцию и использовать высокий КПД современных насосов даже без частотного регулирования.

На рис. 2 приведена структура, а на рис. 3 – суточная динамика энергопотребления ГКНС.

Рис. 2.
СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГКНС, %

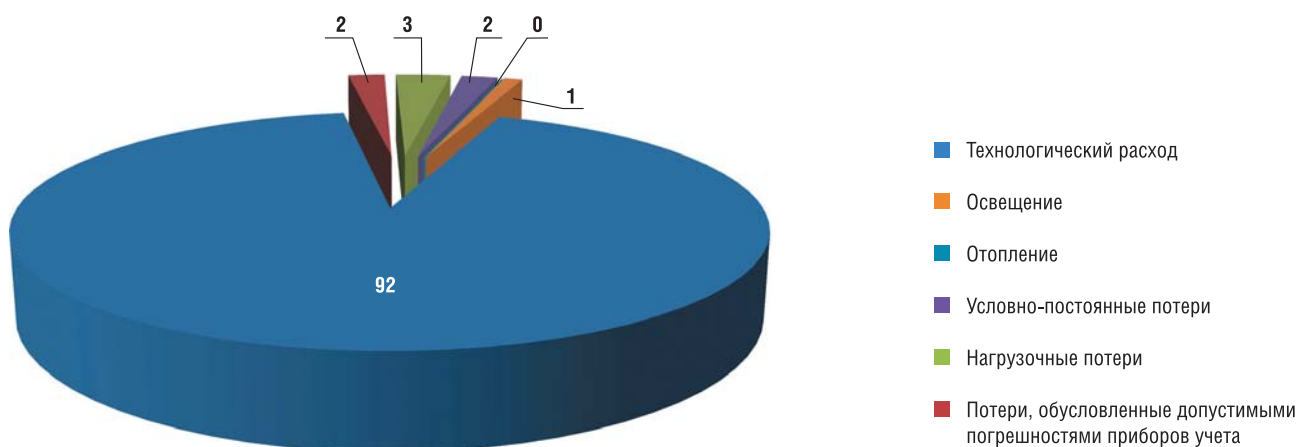
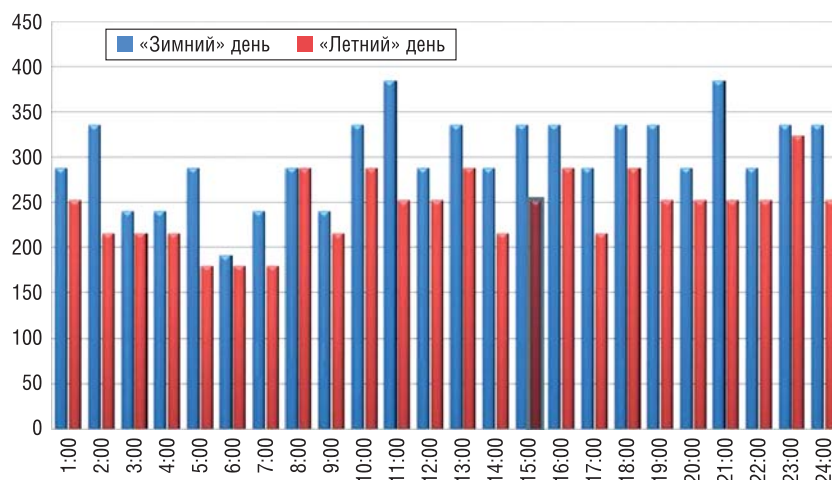
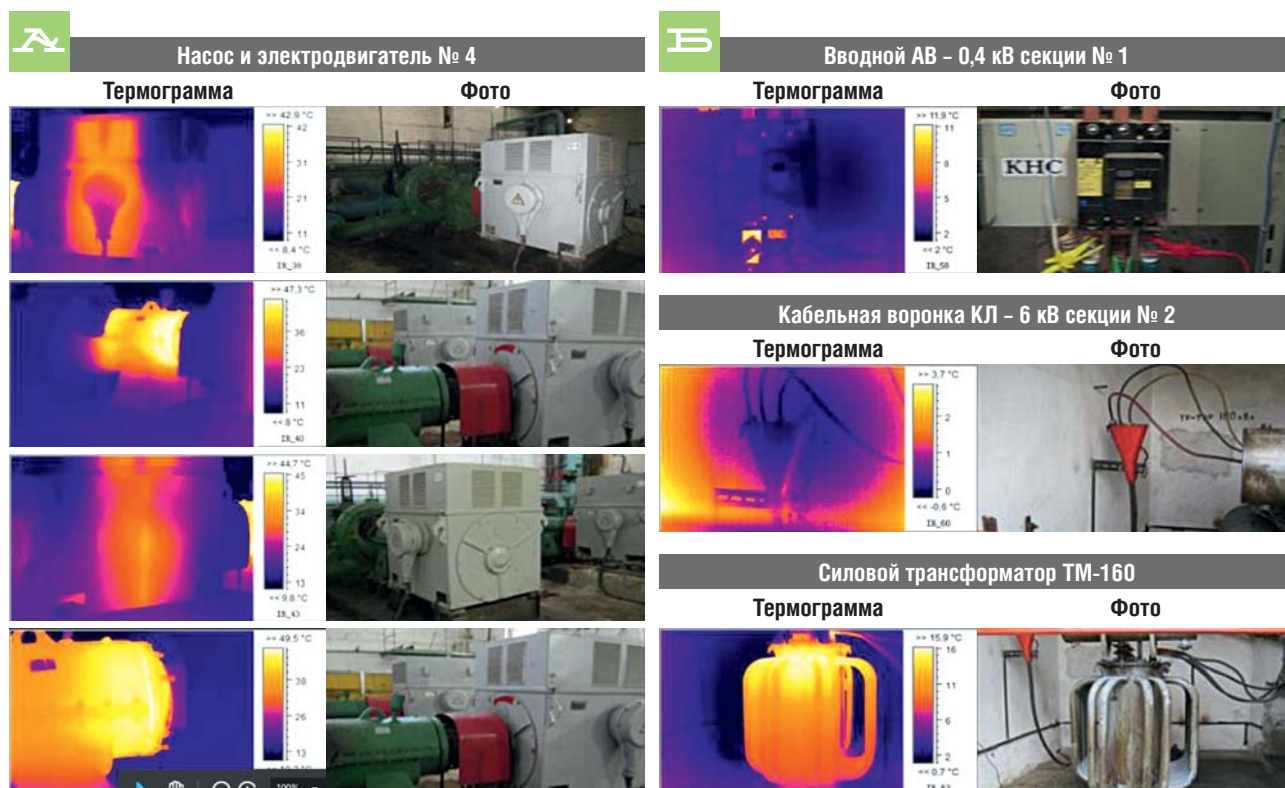


Рис. 3.
Суточная диаграмма
потребления активной
электроэнергии на ГКНС
в типичный «зимний»
и «летний» дни, кВт·ч



При обследовании использовались современные инструментальные методы. На рис. 4 приведены термограммы основного оборудования, выполненные с помощью тепловизора.

Рис. 4.
Термограммы оборудования до реконструкции:
А) НАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ;
Б) ТРАНСФОРМАТОРЫ



В ходе обследования установлено:

1. Количество насосных агрегатов и их рабочие параметры были подобраны проектировщиками с учетом значительного увеличения производительности станции. Это привело к тому, что установленное оборудование работает преобладающее время в недогруженном режиме, а, следовательно, в области низких значений КПД.

2. Объем приемного резервуара минимум в 2 раза ниже требуемого нормами проектирования для насосных станций аналогичной производительности.

3. Используемые в ходе эксплуатации приемы регулирования режима работы насосного оборудования направлены только на обеспечение стабильной работы станции, т.е. для поддержания уровня жидкости в резервуаре в заданном диапазоне для недопущения попадания воздуха во всасывающий трубопровод, а также исключения возможности переполнения приемного резервуара. Все перечисленные действия осуществлялись дросселированием напорного трубопровода (многократно в течение суток), что влекло за собой работу насоса с повышенными напорами и увеличивало энергозатраты.

4. Потенциал энергосбережения в работе станции составлял – 15–20 %, однако, реализация его в условии применения высоковольтных электроприводов насосов была достаточно затруднительной.

Были проанализированы несколько вариантов модернизации насосного оборудования ГКНС:

- сохранение установленного насосного оборудования и оснащение частотно-регулируемым приводом высоковольтных электродвигателей;

- замена насосов на импортные или отечественные аналоги с меньшей производительностью под преобладающий график притока. Высоковольтные электродвигатели не меняются, частотное регулирование привода (ЧРП) не применяется;

- замена высоковольтных электродвигателей на меньшую мощность с подбором отечественного или импортного насоса под действительные характеристики сети. Сравнивались варианты с ЧРП и без;

- замена двух высоковольтных электроприводов на низковольтные (0,4 кВ) и 2-х насосов под действительные характеристики сети. Низковольтное оборудование дешевле высоковольтного в 1,5–2 раза и многократно увеличивает вариативность решений, гибкость регулирования и соответственно энергоэффективность. Сравнивались варианты с ЧРП и без;

- увеличение объема приемного резервуара в 2,5 раза и подбор насосов и электродвигателей меньшей производительности. Сравнивались варианты высоковольтных и низковольтных приводов, с ЧРП и без;

- реконструкция приемного отделения ГКНС под установку 2-х погружных импортных насосов на 0,4 кВ с ЧРП;

- замена двух рабочих агрегатов на погружные насосы 0,4 кВ сухого горизонтального исполнения с ЧРП.

По результатам сравнения капитальных и эксплуатационных затрат по вариантам оптимальным был признан последний вариант с установкой низковольтных моноблочных агрегатов и частотно-регулируемым приводом.

В ходе исследований режимов работы ГКНС прогнозирована потенциальная экономия расходов на эксплуатацию станции не менее 30 % за счет точного подбора насосов, повышения КПД трансформации тока и напряжения, сокращения объемов ТО и ремонтов старого оборудования, предотвращения аварийных остановов ГКНС из-за засоров оборудования, за счет минимизации последствий при аварийных ситуациях. В числе статей экономии были определены:

- снижение затрат на электроэнергию на работу новых насосов – 30 % от фактического общего потребления ГКНС, около 3,1 млн руб. в год,

- снижение потерь электроэнергии в новых трансформаторах за счет более высокого КПД – 5 % от потребляемой энергии, около 0,5 млн руб. в год;

- снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание силовых агрегатов, трансформаторов, задвижек, приводов, грабельных решеток, вентиляции и др., в том числе за счет внедрения системы автоматизированного управления ГКНС, около 0,2 млн руб. в год.

Суммарный расчетный экономический эффект составил около 3,8 млн руб. в год.

Проведенная проработка решений позволила отказаться от комплексной реконструкции ГКНС, что удешевило СМР в 2–3 раза, и легла в основу технического задания на реконструкцию ГКНС и ТП-168.

Работы по модернизации ГКНС

По результатам конкурса генеральным подрядчиком проектных и монтажных работ было определено ООО «Испытательный центр «Энерготестконтроль», разработчиком проекта – ООО «Энергострой».

Разработанным проектом было предусмотрено и реализовано в ходе работ по реконструкции:

- замена 2-х высоковольтных трансформаторов на современные, с высоким КПД (ТМГ 12-630/6/04 кВ, производства Минского электрозавода им. В.И. Козлова);

- полная замена силовых электрокабелей;
- замена 3-х щитовых затворов, переключающих потоки на входе в станцию на задвижки шиберные ножевые (тип ПА 532.800.10-01ЭП, Ду800, класс герметичности «А» с двусторонним удержанием, производитель ООО «ПромАрт», г. Пенза);
- установка 2-х автоматизированных грабельных решеток с прозорами 6 мм и 4 ед. отсекающих щитовых затворов 1500×2000, производства ООО «ПП Экополимер», г. Калуга;
- замена 2-х насосов и электродвигателей завышенной производительности на современные моноблочные агрегаты (Grundfos S3.110.300.2200.6.74Н.Н.564.G.N.D, Q = 1440 м³/ч, Н = 37,8 м., N = 220 кВт, в сухом исполнении) с частотно-регулируемым приводом и системой АСУ ТП;
- замена 3-х дисковых затворов Д800 на распределительном напорном коллекторе, также на ножевые шиберные.

Рис. 5.
Машинный зал ГКНС в ходе реконструкции.
Монтаж нового насоса





Рис. 6. Работающий новый насос

Стоимость разработки ПСД и прохождения государственной экспертизы составила 8,2 млн руб., стоимость оборудования и СМР – 45,8 млн руб., всего 54,0 млн рублей. Работы были профинансированы из бюджета Московской области.

Реконструкция выполнена в I–III кварталах 2017 г. без остановки технологического процесса путем поэтапного ввода в работу модернизированных технологических узлов станции. На рис. 5 приведен рабочий момент реконструкции, на рис. 6 – работающий насос.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ГКНС

1. С минимально-разумными капвложениями обеспечена надежность энергоснабжения и работы ГКНС.

2. Предотвращены засоры ветошью запорно-регулирующей арматуры на напорной части коллектора.

3. Восстановлен ресурс питающей трансформаторной подстанции и электросиловых кабелей. Увеличен на 3–5 % КПД трансформации тока.

4. В летний период при пониженном притоке период пуско-наладки (июнь–август

2017 г.) экономия электроэнергии составила 40–50 % среднесуточного за год. По мере увеличения притока ожидается некоторое снижение этой величины.

5. Сведен к минимуму объем ручного труда в грабельном отделении и машинном зале ГКНС. Снижен в несколько раз шумовой фон от работы высоковольтных электроприводов и старых насосов.

Выводы

Подтвержден высокий потенциал экономии ресурсов на объектах ЖКХ за счет грамотных инженерных решений и применения современного оборудования без проведения комплексной реконструкции ГКНС. Дальнейшая модернизация ГКНС в 2018–2021 гг. будет возможна за счет инвестиционной программы и за счет сэкономленных ресурсов собственными силами предприятия. Город Егорьевск получил гарантию на 10–15 лет бесперебойной перекачки сточных вод на очистку, и, следовательно, возможность бесперебойного водоснабжения и поддержания комфортных условий проживания жителей. ●

Предлагаемая вниманию статья А.А. Кулакова (Вологодский государственный университет) посвящена очень актуальной теме — работоспособности малых очистных сооружений, созданных в последние годы.

Не секрет, что ни высокая стоимость таких установок, ни насыщенность их современным оборудованием, часто не гарантируют хорошего результата по качеству очистки. Автор рассматривает как технический, так и организационный аспекты этой проблемы на примере усовершенствования работавшей неудовлетворительно установки (поставленной одной из очень известных компаний, давно работающих в этом сегменте рынка оборудования).

Хотелось бы обратить внимание читателей на то, что, несмотря на небольшую проектную, и еще меньшую фактическую производительность рассмотренной малой установки, полученные хорошие результаты работы технологической схемы, в том числе затопленного биофильтра, использованного автором для одновременной нитри-денитрификации, а также плавающей загрузки представляют интерес и для сооружений гораздо большего масштаба.

Эксперт-директор журнала
Д.А. Данилович

Совершенствование малых канализационных очистных сооружений

Малые очистные сооружения — большие проблемы

В Вологодской области доля канализационных очистных сооружений (КОС), с расходом менее 1000 м³/сут., отнесенных в Информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» к малым и сверхмалым [1], составляет 92 % (133 объекта). Далее в статье всю эту группу КОС поселений для удобства будем называть малыми сооружениями.

При этом набирают популярность коттеджные поселки, а значит, количественная доля малых КОС будет неуклонно расти. Данная картина характерна для большинства регионов РФ.

При всей своей компактности и малочисленности технологических узлов малые КОС представляют большие сложности для обслуживающих организаций. Многие такие сооружения в малых сельских поселениях находятся в разрушенном состоянии и не функционируют, работая как проточные емкости, или эксплуатируются неэффективно. Учитывая, что данные объекты чаще всего сбрасывают сточные воды в малые или временные водотоки, повышаются риски деградации водных экосистем.

Установление природоохранных нормативов на уровне ПДК водных объектов рыбохозяйственной категории не способствовало решению проблемы. Согласно проведенным ранее исследованиям [2], лишь на 3 % малых КОС Вологодской области соблюдается ПДК по фосфору фосфатов, на 5 % — по аммонийному азоту.

А.А. Кулаков,
канд. техн. наук,
декан факультета
экологии,
Вологодский
государственный
университет¹

¹ e-mail: temichhh@yandex.ru, тел. +79215345848

Неэффективность малых КОС кроется в комплексе их особенностей и недостатков [3]:

- технологические (моральный и физический износ, нарушение режимов эксплуатации, гидравлическая недогрузка/перегрузка, высокая неравномерность поступления сточных вод);
- организационные (неподготовленность персонала, пространственная рассредоточенность объектов, низкий уровень оснащенности);
- экономические (высокие удельные эксплуатационные и капитальные затраты).

Определяющее значение имеет то, что доступные на сегодня технические и финансовые ресурсы в сельской местности очень ограничены.

Все вышесказанное позволяет выделить малые КОС в отдельную большую группу объектов, требующих индивидуального подхода к модернизации и эксплуатации.

НЕ ВСЕ КОММУНАЛЬНЫЕ КОС ОДИНАКОВЫ

Важно понимать, какие именно сточные воды необходимо очистить. Хозяйственно-бытовые сточные воды (ХБСВ), которые на поступают на КОС, можно подразделить на коммунальные (сточные воды поселений) и условно-коммунальные, образующиеся на производственно-логистических объектах. Последняя категория, по мере развития современной промышленной и транспортной инфраструктуры, становится все более заметной. К ней относятся сточные воды, сбрасываемые в полностью раздельные от производственных и ливневых вод сети хозяйственно-бытовой канализации вновь сооруженных производственных объектов, а также в сети разного рода логистических, торговых и административных объектов (склады, загородные торговые площадки, таможенные пункты и т.п.). Сравнение малых КОС, принимающих сточные воды поселений с сооружениями, принимающими условно-коммунальные стоки, приведено в табл. 1.

Таблица 1.
Сравнение двух типов малых КОС

Параметр	Коммунальные (КОС поселений)	Условно коммунальные
Происхождение сточных вод	ХБСВ от населенных пунктов	ХБСВ от работников промышленно-логистических площадок
Особенности загрязненности сточных вод	Относительно высокая концентрация органических и биогенных веществ, достаточное соотношение БПК/азот – 3,5–5,0	Высокое содержание аммонийного азота (до 90 мг/л) при низкой БПК ₅ (50–120 мг/л). Очень низкое соотношение БПК/азот – в диапазоне 1,2–2,0
Типичный состав КОС	Решетки со средними прозорами, не везде – песколовки и первичные отстойники, бетонные аэротенки и вторичные отстойники, или компактные установки, доочистка не используется, обеззараживание осуществляется редко	Решетки, комбинированные с песколовками, компактные установки биологической очистки, доочистка на фильтрах, обеззараживание УФ, есть усреднительные емкости
Технические особенности	Гидравлическая недогрузка, высокая степень износа, разрушение конструкций, необходимость замены оборудования	Нередко – гидравлическая перегрузка. Оборудование новое, как правило – работоспособное
Организационные особенности	Отсутствие приборов контроля и автоматизации, неквалифицированный персонал	Имеется оборудование для оперативного контроля. Недостаточно подготовленный персонал
Экономические особенности	Высокие удельные затраты на очистку, малая платежеспособность эксплуатирующих организаций (кроме некоторых коттеджных поселков)	Высокие удельные затраты на очистку. Готовность внедрять эффективные решения

Главной особенностью условно-коммунальных КОС является фактор периодического пребывания работников на промышленной площадке, что и сказывается на составе и свойствах формируемых сточных вод². Экстремально низкое соотношение БПК/азот требует для удаления азота изменения применяемых технологий. Именно это и не учитывается при строительстве и эксплуатации условно-коммунальных КОС.

Наряду с технологическими ошибками, многие такие КОС имеют конструктивные недостатки. Также практически нигде не выстроена необходимая система грамотной эксплуатации, в частности, отсутствуют четкие и понятные работникам регламенты эксплуатации сооружений. Фактор эксплуатации имеет первостепенную важность в достижении высоких результатов очистки.

В результате при всех изначальных организационно-экономических преимуществах современные КОС ХБСВ промышленно-логистических площадок в большинстве своем работают неэффективно, а природоохранные нормативы не достигаются.

Проведенные в течение нескольких лет исследования десяти условно-коммунальных КОС промышленно-логистических площадок позволили разработать алгоритм совершенствования работы таких КОС [4].

Внедрение решений должно быть поэтапным с максимальным сохранением работающих узлов на период работ для минимизации техногенной нагрузки на водные экосистемы. Важным этапом является подготовка КОС к эксплуатации, включающая разработку регламента эксплуатации, плана оперативного контроля и обучение персонала. При выполнении работ по наладке КОС неоднократно отмечалось, что однотипные сооружения с большей вероятностью достигают установленных нормативов при вовлеченности обслуживающего персонала и четком следовании регламентам эксплуатации.

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

Рассмотрим конкретный пример совершенствования работы малых условно-коммунальных КОС.

На промышленной площадке для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод (санузлы, душевые, столовая) запроектированы КОС с проектной производительностью 40 м³/сут., фактический объем водоотведения – всего 7 м³/сут. Проектная технологическая схема приведена на рис. 1а.

Сточные воды с площадки собираются в КНС, откуда насосом перекачивается в приемный резервуар КОС. Сточные воды периодически подаются насосом в компактную установку на очистку (несколько раз в сутки) при повышении уровня в приемном резервуаре.

Компактная установка содержит четыре биореактора (секции) общим объемом 6,5 м³, оснащенных пластиковой загрузкой – носителем биопленки (рис. 2). Секции последовательно соединены придонными окнами, расположенных в шахматном порядке. В 1-м и 4-м биореакторах была размещена плавающая загрузка, во 2-м и 3-м – жестко закрепленные блоки. В первом биореакторе смонтирована трубчатая система аэрации, в остальных – дисковая. Технология не предусматривала отдельных зон денитрификации и соответствующего рецикла, полагаясь на симультанную (одновременную) денитрификацию в толще биопленки. Однако, как показало обследование, по крайней мере при недогрузке установки, условия для этого не соблюдались.

Прошедшая биологическую очистку жидкость с частицами биопленки поступает в камеру коагуляции и флокуляции объемом 0,9 м³, где смешивается с реагентами для укрупнения частиц и осаждения фосфатов. После этого поступает в отстойник с тонкослойными модулями объемом 0,8 м³, где происходит отделение биопленки от очищенной воды. Очищенная вода поступает на обеззараживание ультрафиолетом, после сбрасывается в водный объект. Осадок периодически откачивается на обезвреживание в фильтрующих мешках.

² Известно, что 1 г мочевины содержит 460 мг азота. При этом мочевина вообще не имеет ХПК, так как и углерод, и водород, и азот в ней находятся в окисленном состоянии.

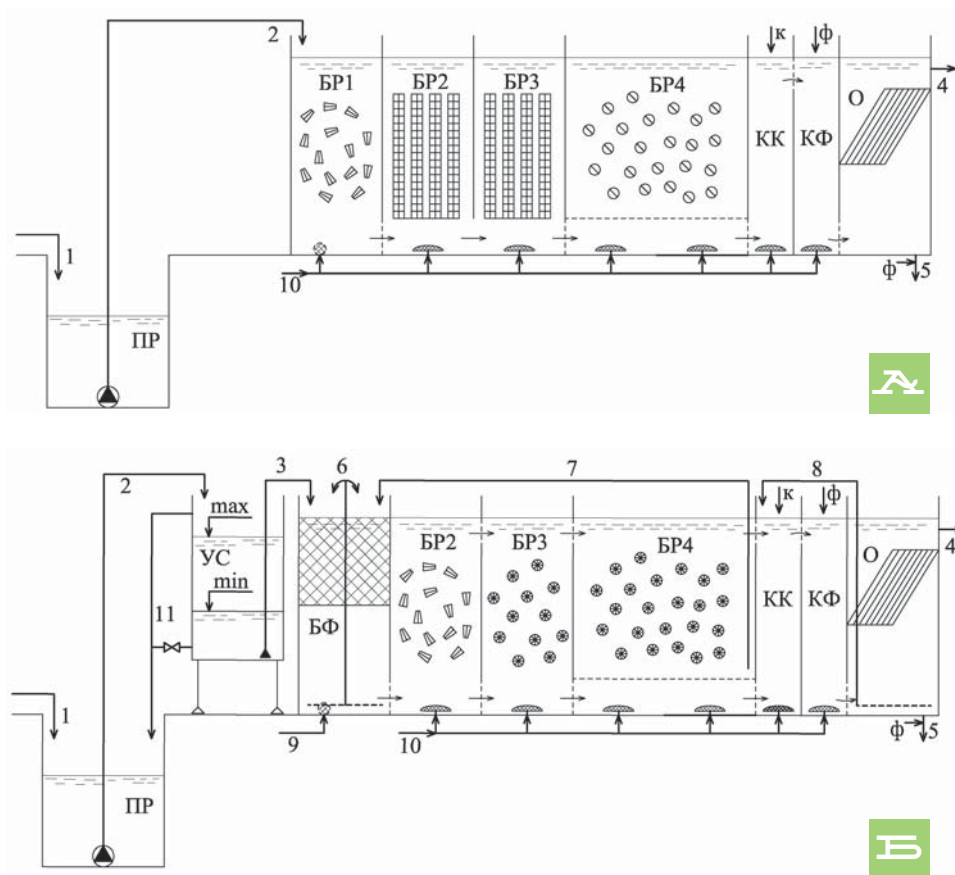


Рис. 1. Канализационные очистные сооружения: А) до проведения работ; Б) после проведения работ
 БР1, БР2, БР3, БР4 – биореакторы, БФ – биофильтр; КК – камера коагуляции; КФ – камера флокуляции;
 О – отстойник с тонкослойными модулями; ПР – приемный резервуар; УС – усреднительная емкость;
 1 – подача сточных вод от КНС; 2 – подача сточной воды насосом; 3 – подача сточной воды на очистку эрлифтом;
 4 – отвод очищенных сточных вод; 5 – отвод осадка на обезвоживание; 6 – система орошения в биофильтре;
 7 – внутренний рецикл; 8 – рецикл осадка; 9 – периодическая подача воздуха; 10 – подача воздуха;
 11 – аварийный слив и опорожнение усреднительной емкости; к – подача коагулянта, ф – подача флокулянта

Рис. 2. Носители биопленки, изначально использованные в установке:
 а – загрузка биореактора 1-й ступени; б – 2-й и 3-й ступеней, в – 4-й ступени.
 Графические символы в правом верхнем углу на каждом фото соответствуют символам, обозначающим этот вид загрузки на рис. 1а



В ходе проведения работ отбирались и анализировались поступающие и очищенные сточные воды, а также жидкость из четырех биореакторов. Это показало широкий диапазон загрязненности поступающих стоков и превышение ПДК по большинству показателей очищенной воды. Состав поступающих сточных вод, как было отмечено выше, характеризуется высоким содержанием азота аммонийных солей при низкой БПК. Данные лабораторного контроля КОС, как до, так и после проведения работ по ее усовершенствованию, приведены в табл. 2.

Проведенное обследование сооружений позволило выявить следующие особенности и недостатки:

Пиковые поступления сточных вод приводят к резкому повышению уровня в установке, смещению загрузок и жидкостей из разных секций через разделительные перегородки и к выносу биопленки из отстойника.

Отсутствие сороудерживающих сит приводит к забиванию блочной загрузки крупным мусором (рис. 3).



Рис. 3.
Блочная загрузка после извлечения:
каналы забиты мусором

Таблица 2.
Данные лабораторного контроля КОС

Показатель	Концентрация, мг/л					
	Вход	БР1 (БФ)	БР2	БР3	БР4	Выход
До проведения работ						
ВВ	70–90	–	–	–	–	12–22
БПК ₅	55–121	–	–	–	–	3–7
Азот аммонийный	23,4–57,7	10,9–20,3	3,9–9,4	0,78–6,2	0,39–3,9	2,3–8,6
Азот нитритов	<0,03	0,09–0,24	0,02–0,12	0,02–0,27	0,01–0,18	0,03–0,44
Азот нитратов	0,12–0,25	2,3–9,2	2,8–20,5	5,3–21,9	12,2–30,1	11–23,9
Фосфор фосфатов	1,5–3,5	–	–	–	–	0,05–1,3
После проведения работ						
ВВ	49–77	–	–	–	–	5,9–11
БПК ₅	70–106	–	–	–	–	1,5–6
Азот аммонийный	27,3–88,9	1,6–8,6	0,39–1,2	0,31–0,86	0,16–0,7	0,1–0,65
Азот нитритов	<0,03	0,02–0,27	0,09–0,15	0,03–0,09	<0,006	0,003–0,06
Азот нитратов	0,12–0,18	6,4–14,5	6,9–12	6,9–15,6	8,1–16,1	7,4–14,3
Фосфор фосфатов	1,2–3	–	–	–	–	0,04–0,5

Мелкая загрузка из 4-го биореактора дробится на малые части, забивает сетки соединительных окон и блочную загрузку, попадает в отстойник и выносится из него.

Обрастание биопленкой поверхности загрузочного материала очень слабое, что снижает эффективность очистки. Несмотря на чрезвычайно большое время пребывания сточной воды, нитрификация была неполной, что, при наличии высокой концентрации растворенного кислорода, свидетельствует о недостаточной концентрации активной биомассы нитрификаторов.

Технология предусматривает работу в режиме вытеснителя без внутренней рециркуляции жидкости, что приводит к пиковым нагрузкам на биоценоз.

Во всех биореакторах отмечено высокое содержание растворенного кислорода (более 3–4 мг/л), что негативно сказывается на протекании процессов симультанной денитрификации и высокому содержанию азота нитратов в очищенной воде

В отстойнике выпадающий осадок загнивает, всплывает и выносится, что приводит к повторному загрязнению воды. Также в осадке отмечены включения мелкой раздробленной загрузки.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ

В результате проведенных работ (см. табл. 3) технологическая схема и конструкция биореакторов претерпели изменения (рис. 1б).

Таблица 3.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОВЕДЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Мероприятие	Результат
Опорожнение, оценка состояния, чистка стенок и днища емкостей, удаление накопившегося осадка	Предотвращение вторичного загрязнения сточных вод накопленными за период эксплуатации загрязняющими веществами
Промывка загрузочных элементов и тонкослойных модулей	Отмывка нежелательных частиц с плавающей загрузки, предотвращение вторичного загрязнения сточных вод в отстойнике
Устройство дополнительных отверстий у поверхности жидкости, замена изношенных и монтаж новых сеток на отверстиях	Предотвращения выноса загрузки из рабочих емкостей и установки, улучшение массообмена между биореакторами
Монтаж усреднительной емкости, автоматизация ее работы, обеспечение подачи сточных вод на очистку эрлифтом	Обеспечение равномерной подачи сточных вод на очистку, предотвращение скачкообразного изменения уровня жидкости в установке, выноса загрузки и биомассы
Монтаж сороудерживающей сетки на подающем трубопроводе	Предотвращение поступления крупного мусора в установку биологической очистки
Замена плавающей загрузки	Устранение проблемы разрушения и выноса элементов малой плавающей загрузки, повышение количества биомассы
Создание зон направленного глубокого удаления азотных соединений (перевод первого биореактора в режим биофильтрации, обеспечение нитратного рецикла)	Создание условий для протекания денитрификации, повышение эффективности удаления азотных соединений
Монтаж рецикла осадка	Предотвращение накопления и загнивания осадка в отстойнике
Настройка работы системы аэрации по концентрации растворенного кислорода	Оптимизация кислородного режима, снижение степени отмывки биопленки с плавающей загрузки
Настройка работы системы коагуляции (подбор дозы коагулянта, отработка режима подачи и смешения коагулянта с очищенной сточной водой)	Интенсификация процессов отделения биопленки и дефосфотации

Для равномерной нагрузки на биоценоз смонтирована усреднительная емкость, из которой сточные воды подаются на очистку эрлифтом. Емкость работает автоматически, насос из приемного резервуара подкачивает воду при падении уровня до минимального и прекращает подачу при наступлении максимального уровня. Падение уровня от максимального до минимального осуществляется равномерно в процессе подачи сточных вод на очистку эрлифтом, расход которого постепенно снижается по мере опорожнения емкости. Придонные всасы эрлифта позволяют предотвратить выпадение осадка, для периодического перемешивания жидкости по днису емкости расположен аэрационный трубопровод.

За счет монтажа усреднительной емкости обеспечена равномерная подача на очистку в течение суток, прекратились пиковые поступления сточных вод, вынос загрузки и биопленки.

Для удаления крупного мусора смонтирована сетка (рис. 4), размещенная на трубопроводе подачи сточных вод после усреднительной емкости. За счет данной сетки также обеспечивается равномерное распределение сточных вод по ширине первого биореактора.

Рис. 4.
Биофильтр с оросительной
системой и подающий
трубопровод с сеткой



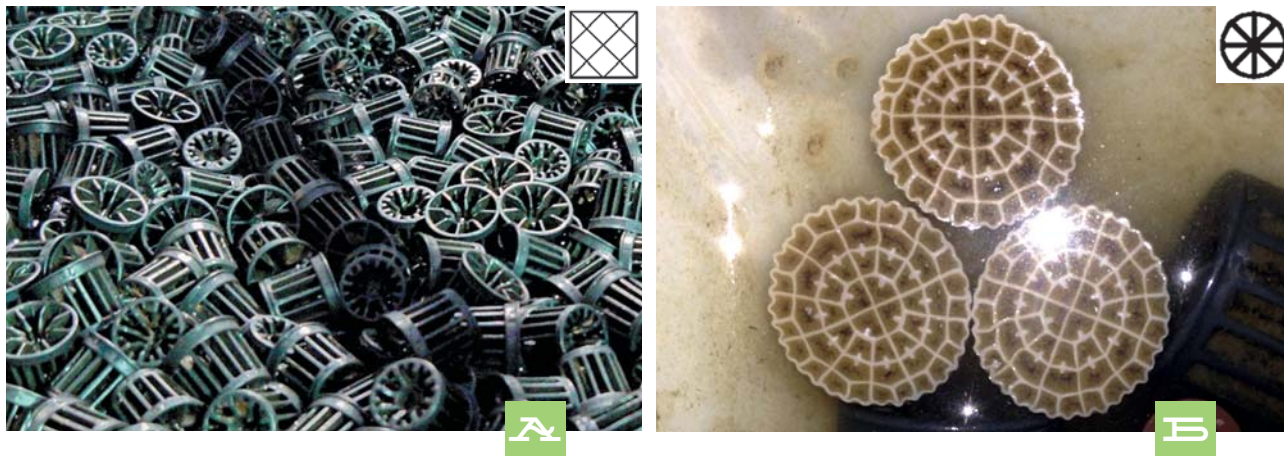


Рис. 5.

**Носители биопленки
в усовершенствованной
установке:**

**А — СТАЦИОНАРНЫЙ СЛОЙ
В ЗАТОПЛЕННОМ БИОФИЛЬТРЕ
(НА БАЗЕ ШТАТНОЙ ЗАГРУЗКИ
УСТАНОВКИ);**

**Б — НОВАЯ ЗАГРУЗКА
ДЛЯ 3-й И 4-й СТУПЕНЕЙ
БИОРЕАКТОРА.**

**ГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ
В ПРАВОМ ВЕРХНЕМ
УГЛУ НА КАЖДОМ ФОТО
СООТВЕТСТВУЮТ СИМВОЛАМ,
ОБОЗНАЧАЮЩИМ ЭТОТ ВИД
ЗАГРУЗКИ НА РИС. 1Б**

Первый биореактор переоборудован в затопленный био-фильтр (рис. 4) с рециркуляцией. Оросительная система с помощью эрлифта забирает жидкость с придонной части и изливает на поверхность слоя загрузки. Это позволило снизить содержание растворенного кислорода до 0,5–1 мг/л и создать условия для протекания денитрификации (с учетом дополнения технологии соответствующим рециклом из конца аэробной зоны). Для предотвращения загнивания осадка у дна биореактор периодически аэрируется (в течение 5–10 минут два раза в сутки).

Затем сточная вода проходит три биореактора с плавающей загрузкой с системой постоянной аэрации, где созданы условия для окисления органических веществ и аммонийного азота и, также, симультанной денитрификации внутри биопленки.

Применяемая в биореакторах загрузка представлена на рис. 5: первый биореактор – крупная загрузка в виде стационарного фильтрующего слоя, второй – та же загрузка в плавающем состоянии, третий и четвертый – новая плавающая загрузка. Мелкая плавающая и блочная загрузки были извлечены из установки ввиду выявленных недостатков.

На базе эрлифтов смонтированы внутренние рециркуляция потока, содержащего нитраты из четвертого биореактора в первый и рециркуляция осадка из отстойника в камеру коагуляции для предотвращения загнивания осадка и улучшения образования флокул. Образующийся осадок по мере накопления откачивается насосами и обезвоживается в фильтрующих мешках.

После проведенных мероприятий количество биопленки на поверхности загрузочного материала значительно увеличилось (рис. 6), возросла эффективность очистки по органическим веществам и азотным соединениям, результаты приведены в табл. 2. За счет внутренней рециркуляции и усреднения нагрузка на биоценоз стала равномерной независимо от расхода поступающих сточных вод, низкие концентрации загрязнений наблюдаются уже после первого био-реактора, а завершение процесса очистки в основном происходит после второго. Последнее обстоятельство вызвано многократной недогрузкой установки в момент проведения работ.

Внешний вид установки после проведения работ представлен на рис. 7.

Важной составляющей совершенствования КОС является разработка простого и понятного для работников алгоритма эксплуатации сооружений с четким перечнем необходимых ежедневных, еженедельных



Рис. 6.
Биоагрузка биофильтра после проведения работ.
Видно хорошее обрастание биопленкой

Рис. 7.
Внешний вид установки с усреднительной емкостью после проведения работ



и ежемесячных операций, а также проведение обучения персонала технологическим основам и методам оперативного лабораторно-аналитического контроля эффективности работы сооружений. Проведение данных мероприятий позволило повысить надежность работы КОС и осознанность ее эксплуатации, что подтверждается продолжительной высокой эффективностью очистки сточных вод на данном объекте и подобных ему. Проведение работ осуществляется поэтапно, по возможности лишь с кратковременными перерывами в работе КОС для сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

Выводы

Малые канализационные очистные сооружения в количественном отношении составляют значительную группу объектов водопроводно-канализационного хозяйства. Их специфические особенности формируют необходимость индивидуального подхода к модернизации и эксплуатации с целью обеспечения надежной и эффективной работы при снижении негативного воздействия на окружающую среду.

В работе представлен опыт работ по совершенствованию малых КОС, основанный на предложенном алгоритме, включающем три важные составляющие:

- сбор и анализ достоверных данных по конкретному объекту с учетом его особенностей;
- подбор и реализацию индивидуальных технологических решений, направленных на повышение эффективности работы сооружений при условии максимального использования имеющихся резервов;
- подготовка КОС к эксплуатации, в т.ч. переподготовка обслуживающего персонала.

Разработанная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод промышленной площадки включает усреднительную емкость, биофильтр с системой орошения, три ступени биореакторов с плавающей загрузкой, камеру коагуляции и флокуляции,

отстойник. На рассмотренном объекте была изменена технология очистки, что позволило повысить эффективность очистки по органическим веществам и азотным соединениям, а также обеспечить более стабильную и надежную работу сооружений.

Выполненные работы были завершены разработкой понятного для персонала алгоритма эксплуатации КОС с перечислением основных требуемых операций.

Подобный подход к модернизации объектов позволяет учесть их индивидуальность и максимально использовать имеющиеся технологические резервы, что сокращает финансовые и трудовые затраты, а также риски недостижения проектных показателей.

Полученные на описанной установке очень высокие результаты работы затопленного биофильтра с эрлифтной аэрацией по удалению азота показывают значительные перспективы такого сооружения для малых КОС. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. **ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».**
2. **Экологическая оценка комплекса «водный объект — выпуск очищенных сточных вод / Кулаков А.А. // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 5. С. 25–30.**
3. **Оценка современного состояния малых коммунальных очистных сооружений канализации / Кулаков А.А. // Вода и экология: проблемы и решения. 2015. № 1 (61). С. 26–40.**
4. **Подход к совершенствованию малых коммунальных канализационных очистных сооружений / Кулаков А.А., Шафигуллина А.Ф. // Водоочистка. 2016. № 8. С. 28–36.**

Автономное водоотведение: стандартизация и практика



**ЭКСПЕРТ-
ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА
Д.А. Данилович**

В последние десятилетия бурно развивается индивидуальное жилищное строительство. В очень многих случаях нет возможности подключить дом (группу домов) к централизованным очистным сооружениям, пусть хотя бы и малым. В этих случаях приходится решать задачу экологически и санитарно безопасного автономного водоотведения, центральное место в которой занимает процесс очистки сточных вод. Это весьма непростая задача и для профессионалов.

Практически всем инженерам, работающим в области централизованного водоотведения, приходится по просьбам или поручениям, помогать в создании или модернизации таких автономных сооружений.

Несмотря на общность многих технологических процессов, автономное водоотведение имеет очень значительную специфику. В России можно говорить о развитии двух принципиально различных направлений в данной области:

- применение сверхмалых (индивидуальных) очистных сооружений полной биологической очистки;
- использование традиционных методов, основанных на почвенной фильтрации стоков.

Первое направление ближе нам, как профессионалам. Такие установки призваны обеспечить высокое качество очистки, а также, при необходимости, получение технической воды для полива. На рынке подобного оборудования достаточно предложений. В идеале, подобная

техника должна была создаваться так, чтобы она функционировала подобно стиральным или посудомоечным машинам, не требующим специальных навыков для эксплуатации. Однако, такой подход применительно к очистке сточных вод встречает немалые трудности. Работа на сточной воде одного или нескольких домохозяйств очень и очень сложна для работы мини-аэротенка. Причинами являются огромная неравномерность притока, очень выраженное влияние специфических сбросов и др.

Да, возможно создать высокоавтоматизированные автономные очистные сооружения, работающие без вмешательства технолога и с самыми минимальными требованиями к эксплуатации. Однако стоимость такой установки будет несопоставима с той, которой готовы заплатить домовладельцы. В результате на рынке присутствуют весьма и весьма упрощенные по концепции и исполнению установки, приемлемые по стоимости. Как их простота, так и эффективность использования далеки от идеала. Очень часто они создают проблемы хозяевам и требуют немалых затрат на сервисное обслуживание. Другой серьезной проблемой таких установок на российском рынке является отсутствие обеззараживания после очистки.

Второе из упомянутых направлений автономного водоотведения не требует значительных затрат на создание автономных очистных сооружений, дорогостоящего обслуживания, но, при этом, способно не хуже, а зачастую, и лучше, достигать цели. Только при условии, когда установки разработаны и созданы с учетом важных местных условий и с соблюдением норм, основанных на научных закономерностях и практическом опыте.

Этому вопросу и посвящена статья одного из ведущих отечественных специалистов в данной области, А.А. Ратникова, целью которой является информирование о разработке и содержании норм для автономных систем канализации, детально разработанных впервые в отечественной практике.

Автономные системы канализации с септиками и сооружениями подземной фильтрации сточных вод

А.А. Ратников¹
ЧЛЕН СОВЕТА СОЮЗА
ПРОЕКТИРОВЩИКОВ
ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
(Союз «ИСЗС-ПРОЕКТ»),
РУКОВОДИТЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ
КОМИССИИ

Актуальность вопросов очистки сточных вод сельских населенных пунктов, коттеджных поселков и отдельно стоящих загородных домов, не оборудованных централизованными системами канализации, не вызывает сомнения. По данным Росстата, численность сельского населения в Российской Федерации составляет 27 %. При этом в 22 субъектах Российской Федерации более 40 % населения – сельские жители. С учетом загородных домов и дач городских жителей, вне нормативного поля оказываются сооружения канализации, используемые едва ли не половиной населения страны.

СТАНДАРТ ПО АВТОНОМНЫМ СИСТЕМАМ КАНАЛИЗАЦИИ

Вместе с тем, СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» (актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85) в разделе по сооружениям малой производительности практически не содержит рекомендаций по расчету таких систем, основанных на естественных методах очистки сточных вод. Для восполнения этого пробела авторским коллективом российских инженеров: канд. техн. наук А.В. Бусахин (ООО «Третье монтажное управление «Промвентиляция»), А.А. Ратников, А.Н. Галуша (НП «ИСЗС-Проект»), Ф.В. Токарев (НП «ИСЗС-Монтаж»), И.А. Зотов (ООО «Башкирские коммунальные системы») на основании обобщения большого массива отечественных и зарубежных данных, а также собственного многолетнего практического опыта разработан нормативный документ по автономным системам канализации с септиками и подземной фильтрацией сточных вод.

Решением Совета Национального объединения проектировщиков (протокол от 18 сентября 2014 г. № 61) и решением Совета Национального объединения строителей (протокол от 21 июля 2015 года № 70) норматив утвержден и введен в действие в качестве стандарта СТО НОСТРОЙ

¹ Ратников Андрей Анатольевич, e-mail: and3561@yandex.ru

2.17.176-2015 «Инженерные сети наружные. Автономные системы канализации с септиками и сооружениями подземной фильтрации сточных вод. Правила проектирования и монтажа, контроль выполнения, требования к результатам работ».

Стандарт вводит в нормативное поле ряд отсутствующих в отечественных нормах терминов и определений, связанных с сооружениями естественной (почвенной) очистки, устанавливает область их применения и правила устройства в зависимости от тех или иных условий строительства, а также предлагает единый, унифицированный алгоритм расчета сооружений.

Стандарт распространяется на автономные системы канализации с септиками и сооружениями подземной фильтрации сточных вод (далее – автономные системы канализации) малой производительности (до 15 м³/сутки), предназначенные для биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в естественных условиях в районах, не имеющих централизованной канализации.

Стандарт содержит ряд дополнительных, уточняющих положения СП 30.13330.2012, требований к устройству внутренних канализационных сетей здания, связанных с конструктивными особенностями автономной канализации.

Так, наряду с требованием устройства вентиляции автономных систем канализации (внутренних систем, наружных канализационных сетей и очистных сооружений, а также накопителей) через канализационные вентилируемые стояки, присоединяемые к высшим точкам внутренней системы канализации здания, стандарт не допускает устройство невентилируемых канализационных стояков в зданиях, выпуски которых присоединены наружной канализационной сетью к септикам или накопителям. Запрещена так же замена вытяжной части канализационного стояка вентиляционным клапаном (пропускающим воздух только в одну сторону – в стояк).

В случаях, когда выполнить расчет уклона канализационных выпусков здания не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода сточных вод, безрасчет-

ные выпуски автономной канализации следует прокладывать с уклоном не менее 0,02.

В развитие положений СП 32.13330.2012 стандарт описывает основные требования к проектированию, строительству и эксплуатации септиков, обеспечивающие нормальную работу сооружений автономной канализации, а также критерии оценки достаточности степени предварительной очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на сооружения подземной фильтрации.

В септиках осуществляется механическая очистка за счет процессов отстаивания сточных вод с образованием осадка и всплывающих фракций, а также частично биологическая очистка за счет анаэробного процесса разложения органических загрязнений, содержащихся в сточных водах. Кроме того, в септиках происходит флотационная очистка в результате прикрепления частиц взвеси к микропузырькам газов, выделяющихся в процессе анаэробного разложения осадка.

В сооружениях подземной фильтрации осуществляется биологическая очистка сточных вод за счет естественных аэробных и анаэробных процессов минерализации загрязняющих веществ и их гумификации в природном слое почвы, а также обеззараживание сточных вод под воздействием биологических процессов самоочищения фильтрующего слоя почвы.

Стандарт включает в себя требования к проектированию, строительству и эксплуатации основных типов фильтрующих сооружений – фильтрующих колодцев, трубчатых полей подземной фильтрации, фильтрующих кассет, тоннелей и блоков в зависимости от фильтрующих свойств грунтов и уровня грунтовых вод.

Фильтрующие сооружения рекомендуется устраивать в суглинистых, супесчаных и песчаных грунтах, обеспечивающих инфильтрационное просачивание сточных вод.

Стандартом установлено, что расчетную гидравлическую нагрузку сточных вод на фильтрующие сооружения следует принимать на основании данных опыта эксплуатации фильтрующих сооружений, находящихся в аналогичных условиях. При отсутствии таких данных допускается определять расчетную

нагрузку в зависимости от коэффициента фильтрации грунтов в месте строительства, определенного, в соответствии с ГОСТ 23278, методом налива воды в шурфы.

Допустимые расчетные нагрузки сточных вод на 1 м² фильтрующей поверхности фильтрующих сооружений в зависимости от типа и степени водопроницаемости (коэффициента фильтрации) грунтов приведены в табл. 1.

При устройстве фильтрующих сооружений запрещается использовать геотекстиль-

ные мембраны и щебень известковых пород в зоне фильтрации сточных вод.

В части монтажа автономных систем канализации Стандарт устанавливает ряд дополнительных требований, учитывающих специфику работы таких сооружений. Например, перед устройством гравийно-щебеночных и песчаных оснований фильтрующих сооружений необходимо зачищать подошву котлована до грунта с ненарушенной структурой (естественной проницаемостью).

Таблица 1.

ДОПУСТИМЫЕ РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ФИЛЬТРУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ РАЙОНОВ СО СРЕДНЕГОДОВЫМ КОЛИЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ 300–500 мм И СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 6–11 °С

№ п/п	Наименование пород	Коэффициент фильтрации грунтов, м/сутки	Допустимая расчетная нагрузка на 1 м ² фильтрующей поверхности, л/сутки
Глинистые грунты			
1	Глина	менее 0,001	Менее 1
2	Суглинок тяжелый	0,001–0,05	1–30
3	Суглинок легкий и средний	0,05–0,4	30–40
3	Супесь плотная	0,01–0,1	25–35
5	Супесь рыхлая	0,5–1,0	45–55
Песчаные грунты			
6	Песок пылеватый глинистый с преобладающей фракцией 0,01–0,05 мм	0,1–1,0	35–55
7	Песок пылеватый однородный с преобладающей фракцией 0,01–0,05 мм	1,5–5,0	60–80
8	Песок мелкозернистый глинистый с преобладающей фракцией 0,1–0,25 мм	10–15	80–100
9	Песок мелкозернистый однородный с преобладающей фракцией 0,1–0,25 мм	20–25	105–110
10	Песок среднезернистый глинистый с преобладающей фракцией 0,25–0,5 мм	35–50	115–130
11	Песок среднезернистый однородный с преобладающей фракцией 0,25–0,5 мм	35–40	115–120
12	Песок крупнозернистый, слегка глинистый с преобладающей фракцией 0,5–1,0 мм	35–40	115–120
13	Песок крупнозернистый однородный с преобладающей фракцией 0,5–1,0 мм	60–75	130–160
Галечниковые и гравийные грунты			
14	Галечник с песком	20–100	100–170
15	Галечник отсортированный	более 100	-
16	Галечник чистый	100–200	-
17	Гравий чистый	100–200	-
18	Гравий с песком	75–150	160–200
19	Гравийно-галечниковые грунты со значительной примесью мелких частиц	20–60	105–130
Торф			
20	Торф мало разложившийся	1,0–4,5	55–75
21	Торф среднеразложившийся	0,15–1,0	35–55
22	Торф сильно разложившийся	0,01–0,15	25–35

Примечания:

1. Расчетные нагрузки приведены из условия поступления на фильтрующие сооружения сточных вод со средними концентрациями взвешенных веществ 80–100 мг/л и расчетным сроком службы сооружений не менее 20 лет.
2. Расчетные нагрузки, указанные в таблице, следует уменьшать:
 - на 15 % для климатических районов I и III A (по СП 131.13330);
 - на 10–20 % для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков более 500 мм, при этом больший процент снижения нагрузки рекомендуется принимать при глинистых грунтах, а меньший – при песчаных грунтах;
 - на 3–5 % для районов со среднегодовой температурой ниже 6 °С.
3. Расчетные нагрузки, указанные в таблице, следует увеличивать:
 - на 15–25 % при поступлении на фильтрующие сооружения сточных вод со средними концентрациями взвешенных веществ 30–50 мг/л, при этом больший процент увеличения нагрузки принимается при песчаных грунтах, а меньший – при глинистых грунтах;
 - на 10–15 % при расстоянии между наивысшим расчетным уровнем грунтовых вод и низом гравийно-щебеночного основания фильтрующего сооружения свыше 2 м;
 - на 15–20 % при расстоянии между наивысшим расчетным уровнем грунтовых вод и низом гравийно-щебеночного основания фильтрующего сооружения свыше 3 м;
 - на 3–5 % для районов со среднегодовой температурой выше 11 °С.
4. Для объектов сезонного действия нагрузка может быть дополнительно увеличена на 10–15 %.
5. В зависимости от типа фильтрующего сооружения к величинам, указанным в таблице, следует принимать поправочные коэффициенты:
 - для фильтрующих колодцев – 1,0–1,2;
 - полей подземной фильтрации и отдельных трубчатых оросителей – 0,4–0,6;
 - фильтрующих кассет – 1,2–1,4;
 - фильтрующих туннелей и блоков – 1,4–1,6;

Большую величину коэффициента следует принимать при песчаных грунтах, меньшую – при глинистых грунтах.

Укладку фильтрующих оснований рекомендуется производить немедленно после проведения зачистки грунта. Укладка фильтрующих оснований на утрамбованный в процессе строительных работ грунт с нарушенной естественной структурой не допускается. Во избежание сползания грунта и размыва его поверхностными водами проводить указанные работы в дождливый период не рекомендуется.

Кроме того, Стандарт содержит требования по особенностям технической эксплуатации септиков и фильтрующих сооружений, включая утилизацию, переработку и использование осадков сточных вод, требования по контролю качества работы сооружений и рекомендации по использованию очищенных сточных вод для орошения зеленых насаждений.

С полным текстом Стандарта можно ознакомиться на сайтах Национального объединения строителей НОСТРОЙ (<http://nostroy.ru>) и Союза «ИСЗС-Монтаж» (<http://www.sro-montazh.ru>).

В дополнение к СТО НОСТРОЙ 2.17.176-2015 автором данной статьи в 2016 г. выпущена книга «Автономные системы канализации с септиками и сооружениями подземной фильтрации сточных вод. Теоретические основы и практические рекомендации по выбору, расчету и эксплуатации»².

Книгу можно рассматривать в качестве иллюстрированного пособия к СТО НОСТРОЙ 2.17.176-2015. В ней изложены краткие теоретические основы биологической очистки бытовых сточных вод, описаны технические требования к основным типам очистных сооружений, основанных на естественных методах очистки сточных вод, даны практические рекомендации по выбору, расчету, строительству и эксплуатации сооружений автономной канализации загородных домов с учетом сезонности проживания, режима поступления стоков, уровня грунтовых вод, фильтрующих свойств различных грунтов и иных индивидуальных условий строительства. Издание содержит более двухсот сорока схем, рисунков и цветных фотографий наиболее распространенных сооружений автономной канализации на разных стадиях строительства, адресовано как специалистам в области водоотведения (проектировщикам и строителям), так и индивидуальным застройщикам, а также широкому кругу читателей, интересующихся данным вопросом.

Пример строительства автономной канализации в сложных гидрологических условиях.

² Книгу можно приобрести непосредственно в московском офисе ООО «Ладомир» (<http://www.kolodec.ru/>). Для покупки книги с доставкой почтой России в любой регион необходимо направить заявку на эл. почту knight_ratnikova@mail.ru

Строительство автономной канализации в сложных гидрологических условиях

В июле текущего года закончено строительство автономной канализации на участке, имеющем достаточно сложные гидрогеологические условия. Осенью, когда обратились за консультацией, вода в искусственном прудике на участке стояла практически в уровне земли.

В таких случаях 99 % монтажных организаций, занимающихся строительством автономных систем канализации, предложили бы аэрационную установку и сброс сточных вод после неё в придорожную канаву. Однако дом используется для проживания не регулярно, а придорожная канава отсутствует.

Более детальное изучение участка предполагаемого строительства автономной канализации показало возможность организовать понижение уровня грунтовых вод

примерно на метр от осеннего уровня грунтовых вод, то есть до уровня 1,2–1,4 м от поверхности земли. Это позволит не только организовать почвенное поглощение сточных вод, но и создать гораздо лучшие условия для садоводства на участке.

Для определения коэффициента фильтрации грунтов был отрыт шурф, в который для защиты от обрушения песчаного грунта установили короб из обрезков доски.

Замер производился до установившихся величин скорости фильтрации, коэффициент фильтрации составил 0,4 м/сут (пески пылеватые).

В результате расчетов был определён необходимый рабочий объем септика и выбран подходящий септик со встроенным в него насосным отсеком. Фильтрующее сооружение решено было делать в насыпи, а для минимизации габаритов «бархана» использовать фильтрующие тоннели.





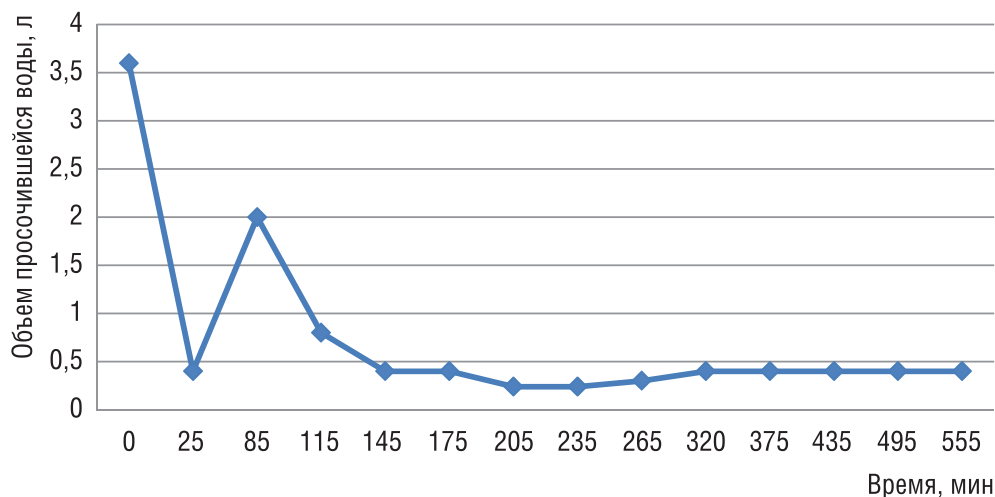
Фильтрующие туннели представляют собой перевернутые чашеобразные модульные конструкции с глухими или ребристыми щелевыми стенками, которые легко соединяются между собой в сооружение любой конфигурации и объема. Осветленные сточные воды подаются во внутреннее пространство туннелей и через щели в стенках фильтруют в объем засыпки щебня.

По сути, это элементы заводской готовности, использование которых позволяет значительно увеличить удельную нагрузку на сооружение по сточным водам, тем самым сократив объем земляных работ, занимаемую сооружением площадь и количество необходимого для строительства щебня. Секции туннеля легко переносятся одним человеком, а монтаж прост даже для неподготовленного строителя.

Строительство началось с установки в проектное положение септика. Далее был отрыт котлован под фильтрующее сооружение на глубину 1,2 м и засыпан привезенным крупнозернистым речным песком. Пылеватый песок, извлеченный из котлована, использован для выравнивания планировки участка. В процессе строительства котлован затопило дождевыми водами. В случае глинистых грунтов это составило бы проблему, но в грунте песчаном подобные погодные явления всего лишь затруднили работы.



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ



ИЗМЕРЕНИЕ
ПРОСАЧИВАЕМОСТИ

На речной песок отсыпано основание из гранитного щебня фракции 5–20 мм и высотой 0,2 м, установлены 6 фильтрующих тоннелей.

Пространство между тоннелями засыпано щебнем и вся конструкция накрыта геотекстилем.

Далее фильтрующее сооружение было засыпано слоем земли и сформирован «бархан». В дальнейшем насыпь будет засеяна многолетними травами, а в её основании высажены ягодные кусты. ●



Опыт реализации локальных очистных сооружений предприятий пищевой промышленности по технологии «MY DAF»

С введением в действие постановления Российской Федерации от 29.07.2013 № 644 [1] резко ужесточились финансовые последствия нарушения требований к приему промышленных сточных вод в централизованные системы водоотведения населенных пунктов. Причем, упор сделан на предотвращение негативного воздействия сброса повышенных концентраций органических загрязнений, который во многих случаях приводит к дестабилизации работы городских очистных сооружений. Концентрации этих загрязнений ограничены на уровне 300 мг/л по взвешенным веществам и БПК₅ и 500 мг/л – по ХПК. В настоящее время сброс неочищенных от органических загрязнений сточных вод может обойтись предприятию пищевой промышленности в 200–500 руб./м³.

В ноябре 2016 г. в указанное постановление были приняты важные изменения [2], согласно которым абоненты, не соблюдающие требований, должны составить и согласовать с водоканалом план по соблюдению требований к составу и свойствам сточных вод. Пути соблюдения требований в настоящее время весьма расширены, но одним из основных по-прежнему остается реализация (модернизация) локальных очистных сооружений (далее – ЛОС). Чрезвычайно важно, что на период реализации данного плана по соблюдению требований к составу и свойствам сточных вод, абонент и организация, осуществляющая водоотведение, вправе заключить соглашение, предусматривающее вычет из суммы платы абонента за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения документально подтвержденных затрат на реализацию мероприятий плана по соблюдению требований к составу и свойствам сточных вод, фактически произведенных абонентом на дату внесения платы, но не более 50 % размера начисленной платы.



АО «МАЙ ПРОЕКТ»

А.В. Ромашко,
ВЕДУЩИЙ ИНЖЕНЕР-
ТЕХНОЛОГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОТДЕЛА АО «МАЙ ПРОЕКТ»¹

¹ Ромашко Андрей Васильевич, 115054, Россия, Москва, Б. Строченовский пер., 7, эт. 8, тел.: (495) 989-85-04, e-mail: romashko@myproject.msk.ru



Рис. 1.
ФЛОТАЦИОННАЯ УСТАНОВКА ПТИЦЕФАБРИКИ
С ПРОБЛЕМАМИ В РАБОТЕ СИСТЕМ САТУРАЦИИ ВОЗДУХА
И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ



Ряд компаний, не имеющих достаточного опыта работы в отрасли, воспринимают ЛОС, обеспечивающие очистку от органических загрязнений, как нечто простое и однотипное. В реальности разнообразие типов и состава сточных вод, загрязненных органическими соединениями, требует индивидуального подхода к технологии их очистки [3]. Это необходимо не только для того, чтобы качество очищенных сточных вод соответствовало требованиям на сброс, но и с целью уменьшения ручного труда обслуживающего персонала, повышения удобства обслуживания сооружений, уменьшение эксплуатационных затрат на очистку сточных вод и предупреждения возникновения аварийных ситуаций.

В нашей практике неоднократно встречались случаи, когда ЛОС, внешне не отличавшиеся от аналогичных эффективных сооружений по составу и основным функциям, не обеспечивали надлежащей очистки и требований на сброс. Таким негативным примером являются ЛОС птицефабрики в Челябинской области. Установленная флотационная установка (см. рис. 1) на момент проведения обследования в 2015 г. не обеспечивала проектное качество очистки ввиду неэффективной работы системы сатурации и распределения водо-воздушной смеси.

Также часто встречаются ЛОС с проблемами в работе оборудования по механическому обезвоживанию флотошлама и донного осадка флотационных установок. Причиной проблем является неверный выбор оборудования для данного вида осадка и ошибки при выполнении пусконаладочных работ, как было зафиксировано в 2015 г. на пищевом предприятии в Калининградской области. Компания-производитель шнекового дегидрататора не смогла правильно подобрать реагенты для обезвоживания флотошлама при проведении пусконаладочных работ, в результате чего установка на момент обследования объекта не эксплуатировалась (рис. 2).

Рис. 2. РЕЗУЛЬТАТ НЕПРАВИЛЬНОГО ПОДБОРА
РЕАГЕНТОВ И РЕЖИМА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ:
ВЫСОКОЗАГРЯЗНЕННЫЙ ФИЛЬТРАТ ИЗ ШНЕКОВОГО
ДЕГИДРАТОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФЛОТОШЛАМА

Избежать описанных проблем при очистке сточных вод промышленных предприятий позволит разработанная компанией «МАЙ ПРОЕКТ» технология «MY DAF».

Технология «MY DAF» (Dissolved Air Flotation) – это целостное инженерное решение по очистке сточных вод методом напорной реагентной флотации, основанное на многолетнем опыте реализации комплексных проектов – «под ключ», объединяющее оптимальный выбор технологического оборудования, реагентов и средств автоматизации технологического процесса для получения максимального эффекта [4]. Технология «MY DAF» применима для многих отраслей промышленности. В данной статье рассмотрим ее использование для очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности, а также убойных цехов птицефабрик, которые часто характеризуются высокими концентрациями ХПК и БПК₅, жиров, взвешенных веществ, фосфатов.

Стандартная схема локальной очистки этих сточных вод до норм приема в городской коллектор включает следующие основные узлы:

- предварительная механическая очистка от грубых включений;
- усреднение;
- реагентная физико-химическая очистка;
- обработка образующихся осадков.

Механическая очистка обычно осуществляется на решетках тонкой очистки: стержневых с прозором 1–2 мм, либо перфорированных с диаметром отверстий 3 мм. В зависимости от характера производственного процесса технологическая схема может быть дополнена решетками грубой очистки (в самом начале сооружений) и песколовками.

Усреднение обычно реализовано в буферных емкостях для сглаживания пиковых расходов поступающих сточных вод и концентраций загрязнений в них. Для предупреждения осаждения взвешенных веществ обычно применяются механические мешалки, но в отдельных случаях для предотвращения загнивания оптимальна система перемешивания воздухом.

Для физико-химической очистки обычно используется комплект оборудования в составе: смеситель, флотационная установка, насосы-дозаторы растворов коагулянта, щелочи и флокулянта, а также станция приготовления раствора флокулянта. Коагулянт и щелочь оптимально использовать в виде жидких товарных реагентов. При необходимости, комплект дополняется насосами-дозаторами кислоты в том случае, когда не исключено повышение pH сточных вод более 8,5 ед.

Обработка образующихся осадков, флотошлама и донного осадка осуществляется механическим способом, для чего могут быть применены шнековые прессы, центрифуги и другое обезвоживающее оборудование.

Хорошим помощником в решении задач по локальной очистке сточных вод «MY DAF» является программа GPS-X (Hydromantis). При проектировании очистных сооружений на основе флотации с механическим обезвоживанием осадка применение этой программы позволяет учесть влияние качества возвратного потока иловой воды от оборудования по механическому обезвоживанию осадка, спрогнозировать качество очищенных сточных вод, что при необходимости последующей реализации стадии биологической очистки является основополагающим фактором (рис. 3).

Рассмотрим технологические отличия решений, реализованных компанией «МАЙ ПРОЕКТ» на некоторых объектах.

На локальных очистных сооружениях ОАО «Дзержинский мясокомбинат» (г. Дзержинск Нижегородской обл.) при реализации технологии «MY DAF» были использованы реконструированные существующие песколовки, а имеющиеся железобетонные резервуары задействованы в качестве двухсекционного усреднителя. Эффективность и качество очистки сточных вод на описываемом мясокомбинате представлена в табл. 1.

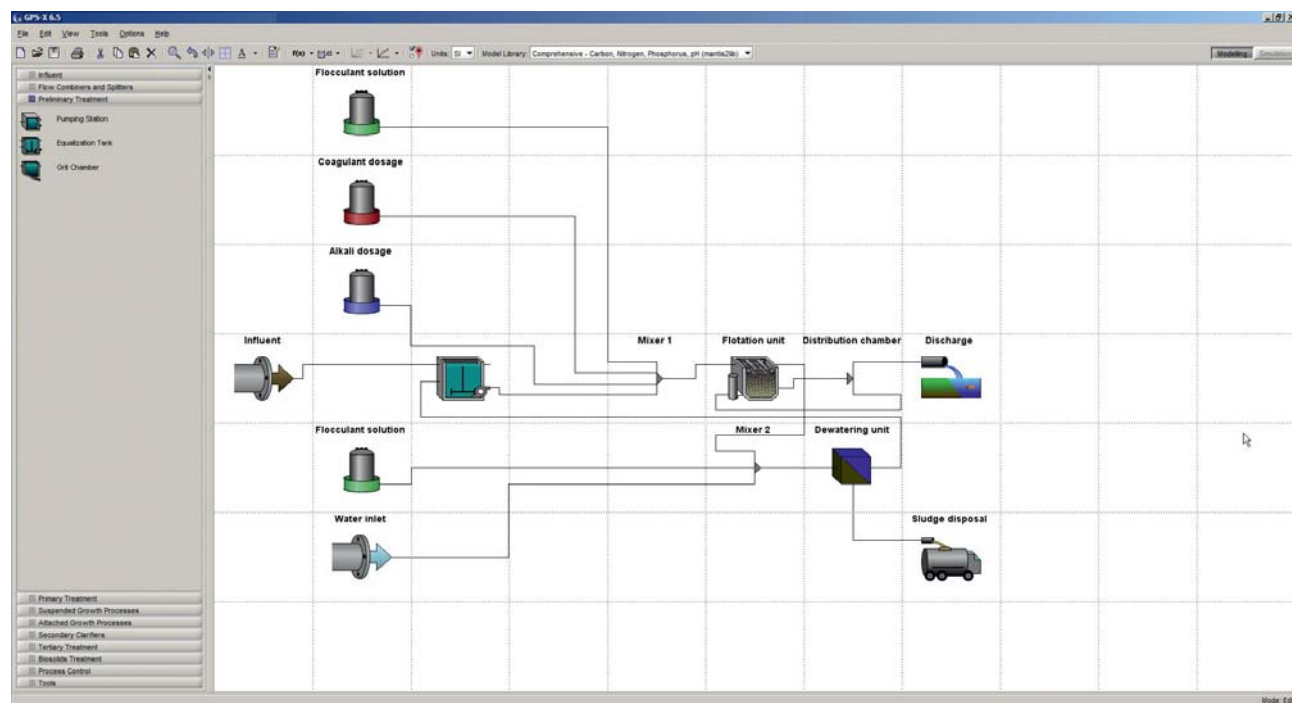
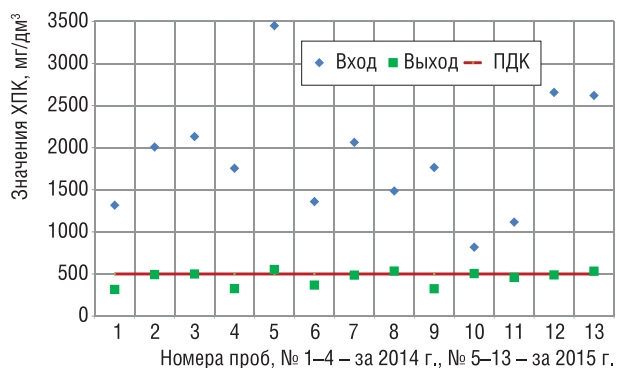


Рис. 3.
ИНТЕРФЕЙС И РАБОЧИЙ СТОЛ ПРОГРАММЫ GPS-X

Таблица 1.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ НА ОАО «ДЗЕРЖИНСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ» [3]

Показатель, мг/л	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	Средняя эффективность очистки, %
Жиры	123–293	6,15–23,4	92–95
Взвешенные вещества	556–841	5,56–42,1	95– 99
ХПК	1766–3097	318–681	78–82
БПК ₅	1360–1915	231–421	78–83
Фосфор общий	6,9–11,8	0,14–0,47	96–98
Железо общее	4,68–5,2	0,23–0,52	90–95
Нефтепродукты	4,4–10,0	0,18–0,7	93–96

Рис. 4.
Динамика колебаний загрязненности
поступающих и очищенных сточных вод
по ХПК за 2014–2015 гг. на ОАО «Дзержинский
мясокомбинат»



Динамика колебаний загрязненности поступающих и очищенных сточных вод за 2014–2015 гг. по ХПК представлена на рис. 4. Следует отметить, что, несмотря на высокую неравномерность поступающих значений ХПК, локальные очистные сооружения позволяют достичь требуемого Правилами холодного водоснабжения и водоотведения качества очищенных сточных вод по величине ХПК – 500 мг/дм³.

Общий вид флотационной установки на ОАО «Дзержинский мясокомбинат» показан на рис. 5.

Шнековый пресс для обработки образующихся осадков в количестве до 40 м³/сут. позволяет не только снизить их влажность до 78–79 %, но и достичь экономии электроэнергии по сравнению с центрифугами. Так, удельное энергопотребление на обработку 1 м³ смеси осадков (флотошлама и донного осадка) составляет около 1,7 кВт·ч/м³ (см. табл. 2), тогда как при использовании центрифуги потребовалось бы более 6,7 кВт·ч/м³.



Рис. 5.
Общий вид флотационной установки
на ОАО «Дзержинский мясокомбинат»

Таблица 2.
Данные для расчета удельного
энергопотребления при обработке осадков
на ОАО «Дзержинский мясокомбинат»

Наименование оборудования	Установленная мощность, кВт	Фактическое потребление электроэнергии, кВт·час	Фактическое время работы оборудования, ч/сут.	Суточное потребление электроэнергии, кВт·час/сут.
Насос-дозатор осадка	2,2	1,76	12	21,12
Станция приготовления раствора флокулянта	1,0	0,8	12	9,6
Насос-дозатор раствора флокулянта	1,1	0,88	12	10,56
Шнековый пресс / Центрифуга	1,5 / 23,7	1,2 / 19	12	14,4 / 228
Компрессор к прессу	1,1	0,88	12	10,56 / 0
ИТОГО (Шнековый пресс / Центрифуга):	6,9 / 28	5,52 / 22,44	–	66,24 / 269,28



Рис. 6.
Общий вид шнекового пресса
на ОАО «Дзержинский мясокомбинат»

Общий вид шнекового пресса представлен на рис. 6.

Отличительной особенностью предварительной механической очистки ООО «Мираторг Запад» (АПХ «Мираторг»), г. Калининград (прежнее название – ООО «Конкордия») является раздельная очистка хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод с применением комбинированных установок (решеток тонкой очистки и аэрируемых песколовков) для очистки первого потока. Применение комби-установок позволяет повысить эффективность задержания песка и получить песок с минимально возможным содержанием в нем органических соединений. Качество сточных вод после физико-химической очистки представлено в табл. 3.

Общий вид флотационной установки на ЛОС ООО «Мираторг Запад» показан на рис. 7.

Таблица 3.
ФАКТИЧЕСКИ ДОСТИГНУТЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ООО «МИРАТОРГ ЗАПАД» [5]

Показатель, мг/л	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	Средняя эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	1740	65	96,2
Жиры и масла	1300	34	97,4
Фосфор фосфатов	24	1,5	93,8



Рис. 7.
Общий вид флотационной
установки на ЛОС
ООО «Мираторг Запад»

Таблица 4.

Эффективность очистки в период пусконаладочных работ на ЗАО «Агротек Холдинг» [3]

Показатель, мг/л	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	950	67–95	90–93
ХПК	2300	680–800	65–70,5
БПК ₅	1200	350–420	65–70,5
Фосфор общий	65	7,2–9,8	85–89
Железо общее	3,0	0,54–0,75	75–82
Нефтепродукты	5,0	0,25–2,3	54–95

Высокая сейсмичность района, в котором расположено мясоперерабатывающее предприятие ЗАО «Агротек Холдинг» (п. Нагорный, Елизовский район, Камчатский край), обусловила, для упрощения и удешевления создания ЛОС, размещение оборудования по очистке сточных вод в контейнере, а малое проектное и фактическое количество образующегося осадка позволило отказаться от сооружений его механического обезвоживания. Флотошлам вывозится 1 раз в неделю ассенизационной машиной. Не все типы флотаторов пригодны для их размещения в контейнере, поэтому для этого объекта был подобран специальный флотатор, обладающий компактными размерами и высокой эффективностью очистки, представленной в табл. 4.

Общий вид флотационной установки в контейнерном исполнении ЗАО «Агротек Холдинг» представлен на рис. 8.

Рис. 8.
Общий вид флотационной
установки в контейнере
на ЛОС ЗАО «Агротек
Холдинг»



Особенности реализации проекта локальных очистных сооружений на пищевом предприятии в г. Ефремове (Тульская область) ООО «Каргилл» являются:

- 1) усреднитель, выполненный в виде наземной емкости с полезным объемом 100 м³;
- 2) низкая гидравлическая нагрузка на поверхность флотатора.

Основным компонентом загрязнения сточных вод является растительное масло, удаление которого из потока позволяет также достичь высокой эффективности очистки сточных вод по такому показателю как ХПК (табл. 5).

В отличие от стандартных схем механической очистки, на мясоперерабатывающем предприятии ООО «Увинский мясокомбинат» (п. Ува, Удмуртская Республика) была установлена решетка грубой очистки ввиду наличие крупных отбросов в поступающих сточных водах. Особенность данного проекта состояла в сжатых сроках реализации ЛОС «под ключ», когда объект был сдан после 7 месяцев интенсивной работы [7; 8]. На данном мясокомбинате были достигнуты высокие эффективности очистки по основным показателям загрязнений (табл. 6).

Примером высокого уровня автоматизации локальной очистки, разработанной по технологии «MY DAF», является работа очистных сооружений птицефабрики ООО «Агро-Плюс» (г. Изобильный, Ставропольский край), представлены на рис. 9.

Таблица 5.
ФАКТИЧЕСКИ ДОСТИГНУТЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ
ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ООО «КАРГИЛЛ» [6]

Показатель, мг/л	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	290–2900	20–33	92,7–98,9
Жиры и масла	1000–1800	27–37	96,5–99,0
ХПК	4100–1060	380–640	84,4–96,4

Таблица 6.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ НА ЛОКАЛЬНЫХ
СООРУЖЕНИЯХ НА ООО «УВИНСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ» [7]

Показатель, мг/л	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	730–1070	15–18	97,5–98,5
ХПК	1370–2260	330–710	69–79
Фосфор общий	12,6–14	< 0,1	99,2–99,3
Железо общее	2,3–6,6	0,8–1,3	43–82



Рис. 9.
Общий вид флотационной
установки на ООО «Агро-Плюс»

Таблица 7.

Влияние величин концентраций поступающих загрязнений на выбор конструкции флотатора и удельную нагрузку

Суммарное количество взвешенных веществ и жиров:			
~1000 мг/л	~3000 мг/л	~4000 мг/л	
Удельная гидравлическая нагрузка на площадь поверхности флотатора, м³/м²·ч:			
6,1	4,3	4,4	4,0
ОАО «Дзержинский мясокомбинат» [3]	ЗАО «Агротек Холдинг» [3]	ООО «Мираторг Запад» [5]	ООО «Каргилл» [6]

В зависимости от концентраций поступающих загрязнений на перечисленных объектах, реализованных по технологии «MY DAF», компанией «МАЙ ПРОЕКТ» применены различные конструкции флотаторов (табл. 7) с разной гидравлической нагрузкой на площадь поверхности.

Управление всем технологическим оборудованием ЛОС предусмотрено с сенсорной панели управления шкафа управления флотацией при помощи разработанного компанией АО «МАЙ ПРОЕКТ» программно-технического комплекса (ПТК), который обеспечивает:

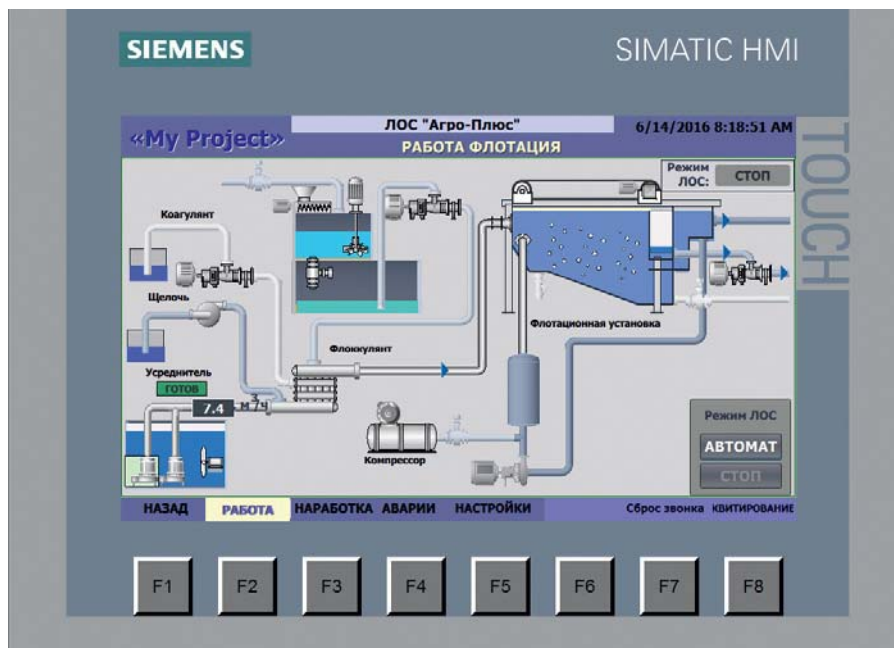
- автоматический сбор информации о ходе протекания технологического процесса;

- автоматическое регулирование основных технологических параметров;
- отображение технологических параметров и состояния технологического оборудования на панелях управления;
- дистанционное автоматизированное управление процессом;
- местное управление процессом;
- реализацию системы защит и блокировок;
- реализацию системы оповещения оператора при возникновении аварийных ситуаций.

Общий вид мнемосхемы «Флотация» на панели управления показан на рис. 10.

Рис. 10.

Мнемосхема сенсорной панели «Флотация»



Визуализированная информация представляется оператору на панели управления шкафа управления установкой напорной флотации и панели пульта местного управления (при использовании упрощенной АСУ ТП), а также на мониторе при реализации полнофункциональной АСУ ТП.

Выводы

Современные технические решения «MY DAF» по реагентной физико-химической обработке сточных вод предприятий пищевой промышленности методом напорной флотации позволяют гарантировать соблюдение норм приема в городские системы канализации для предприятий мясопереработки, производства растительного масла, птицефабрик и ряда других, а также обеспечить эффективную предочистку сточных вод многих других отраслей, требующих биологической очистки. Технические решения основаны на подборе оптимальных конструкций оборудования, реагентов, высокой энергоэффективности и степени автоматизации (диспетчеризации). ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2016 года № 1134 «О вопросах осуществления холодного водоснабжения и водоотведения».
3. Ромашко А.В., Бойко И.Ю., Марыкин Е.Р. Опыт реализации локальных очистных сооружений мясоперерабатывающих предприятий // «Мясная сфера» № 5 (108), 2015 г., с. 76–77.
4. Ромашко А.В., Бойко И.Ю., Марыкин Е.Р. Опыт реализации технологии «MY DAF» на локальных очистных сооружениях птицефабрики // «Птицепром», № 4 (33), 2016 г., с. 58–59.
5. Щетинин А.И., Агафонкин В.В., Костин Ю.В., Томилов С.М. и др. Очистка сточных вод предприятий мясоперерабатывающей промышленности // Водоснабжение и санитарная техника, № 1, 2012 г., с. 39–48.
6. Ромашко А.В., Котляр А.А. Успешная реализация проектов по очистке сточных вод как основа долгосрочного сотрудничества ООО «Каргилл» и АО «МАЙ ПРОЕКТ» // «Масложировая индустрия», № 1 (2), 2017 г., с. 36–37.
7. Есин М.А., Ромашко А.В., Мазняк З.А. Очистка сточных вод: индивидуальный подход и проекты «под ключ» // «Мясная сфера», № 1 (92), 2013, с. 64–65.
8. Есин М.А., Ромашко А.В. Комплексный подход к очистке городских и производственных сточных вод // «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение», № 12, 2013 г., с. 32–36.

Ленточная фильтрация – альтернатива первичному отстаиванию на городских очистных сооружениях канализации

Вращающийся ленточный сетчатый фильтр (ВЛФ) – сравнительно новая разработка для отделения взвешенных веществ (ВВ) из сточных вод с помощью фильтрации. В этой конструкции удаление взвешенных веществ осуществляется по мере прохождения потока сточных вод через вращающуюся наклонную бесконечную сетчатую фильтрующую ленту (рис. 1). Жидкость, проходящая через ячейки сетки, самотеком поступает в выпускной трубопровод. Со стороны впуска имеется перелив в обводную линию, для предупреждения излива жидкости в случае превышения фильтрующей способности. Система уплотнений предупреждает вынос удаляемых твердых веществ в отфильтрованную жидкость.

Осадок, скапливающийся на сетчатой ленте, транспортируется ею к верхней точке ее траектории и оттуда сбрасывается в сборный желоб. Специальная пневматическая система («воздушный нож») осуществляет непрерывную очистку фильтрующей ленты и удаляет оставшиеся твердые вещества по мере вращения ленты. Для прочистки ленты не используется вода или механические устройства. В случае необходимости применяют обратную промывку горячей водой для удаления накопившихся масел и жиров.

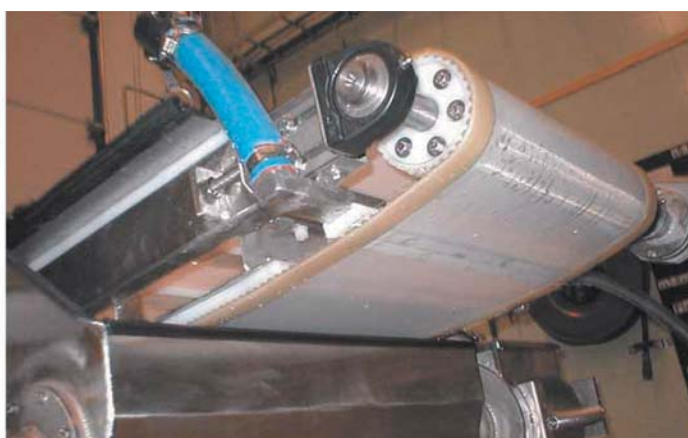
**A. FRANCHI AND D. SANTORO,
TROJAN TECHNOLOGIES,**

**Источник:
WATER PRACTICE &
TECHNOLOGY, 2015, т. 10 № 2**

**Перевод:
Ж.Н. БАРАНОВСКАЯ**

**Адаптация и комментарии:
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА
Д.А. ДАНИЛОВИЧ**

**Рис. 1.
Установка ВЛФ
(TROJAN TECHNOLOGIES,
Фильтр Сальснес SALSNES)**



Процесс процеживания на ВЛФ, начинаясь на чистой фильтрующей ленте в начале каждого фильтроцикла, затем переходит через фильтрование через слой накопленных на ленте взвешенных веществ (так называемый «фильтрующий мат»), что позволяет задерживать частицы, существенно меньшие по размеру, чем размеры ячеек ленточного фильтра.

Осадок, сброшенный в желоб, имеющий 2–8 % содержания сухого вещества, транспортируется по нему шнеком. В зависимости от принятой технологии он может обезвоживаться на этой же установке в шнековом прессе, куда подается осадок из сборного желоба, либо насосом подаваться на обезвоживание, либо в процесс стабилизации осадка (например, напрямую в метантенк).

В зависимости от расхода поступающих на процеживание сточных вод и накопления твердых веществ на ленточном фильтре уровень со стороны впуска изменяется. Типовые ВЛФ оборудованы системой регулирования скорости движения ленты на основании показаний датчика уровня жидкости на впуске.

В зависимости от области применения ВЛФ могут использоваться ленточные фильтры с различными размерами ячеек и из различных материалов. На городских очистных сооружениях канализации обычно применяют ленты из полиэфирного волокна с ячейками 50–500 микрон (0,05–0,5 мм), но имеются ленты с более мелкими ячейками.

В основном данная технология фильтрования применяется для удаления ВВ из сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения. Применение ВЛФ позволяет решать следующие технологические задачи:

- удаление взвешенных веществ из сточной воды на сооружениях, которые не имели первичных отстойников;
- повышение производительности сооружений;
- тонкая предварительная очистка перед использованием широкого диапазона современных биологических процессов очистки с удалением азота и фосфора, включая мембранные биореакторы, биопленочные реакторы с плавающей загрузкой, циклические

реакторы, аэрируемые биофильтры, а также классическую очистку в аэротенках.

Главными преимуществами ВЛФ при решении данных задач является малая занимаемая площадь, способность обеспечивать фильтрование через мелкие ячейки без засорения, малый объем общестроительных работ при монтаже и модульная конструкция, которая позволяет сократить проектные работы, быстрее смонтировать установку, а также расширить сооружения при необходимости. В зависимости от планируемого места установки и конфигурации процесса среди дополнительных потенциальных преимуществ ВЛФ можно назвать сокращение капитальных и эксплуатационных затрат, умеренные требования к эксплуатации и техническому обслуживанию, отсутствие необходимости в дальнейшем уплотнении выделенных взвешенных веществ.

Потребность очистных сооружений в энергии на технологические процессы напрямую зависит от исходной нагрузки по БПК и концентрации твердых веществ на сооружения биологической очистки. По сравнению с сооружениями, не использующими осветление сточных вод, применение ВЛФ дает существенную экономию электроэнергии в результате сокращения расхода воздуха на аэрацию.

При сравнении с традиционными первичными отстойниками ВЛФ лишены таких недостатков, как проскок жидкости по причине термальной стратификации, ветра, плотностных потоков и высоких расходов, а также гниение слоя осадка на дне отстойника.

Потенциальными областями применения ВЛФ на различных ступенях очистки являются:

- очистка переливов с сооружений общесплавной канализации;
- первичное осветление, улучшенное реагентами для повышения эффективности удаления ВВ/БПК;

Для ГСВ в российских условиях этот процесс несовместим с удалением азота. В условиях современных требований к качеству очистки может использоваться только в технологиях физико-химической очистки сточных вод мест с временным пребыванием.

- защита от поступления взвешенных веществ процессов биологической очистки, чувствительных к их содержанию (АННА-МОКС, UASB и т.д.);

- удаление водорослей и частиц струвита;
- сгущение сырого осадка или его смеси с активным илом перед последующими сооружениями;

- как первая ступень механического обезвоживания низкоконцентрированных осадков.

Наряду с использованием для городских сточных вод, ленточная фильтрация применима и для других видов сточных жидкостей при условии правильного выбора размеров ячеек фильтрующей ленты, режима эксплуатации и/или (при необходимости) кондиционировании реагентами.

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ВЛФ

Рассмотрим применение технологии ВЛФ на городских очистных сооружениях канализации.

Результаты промышленных и пилотных испытаний, опубликованные в литературе, показывают, что эффективность ВЛФ сопоставима и даже превосходит эффективность традиционных первичных отстойников в отношении удаления ВВ и БПК. Rusten & Ødegaard (2006 г.) провели исследования эффективности ленточных сетчатых фильтров, как альтернативы первичным отстойникам. Четыре из пяти обследованных очистных сооружений с первичными отстойниками не соответствовали требованиям руководств Европейского Союза (Директива Совета 1991 г.) в отношении удаления твердых взвесей и БПК₅ (минимум 20 % удаления органики (в единицах БПК) и 50 % удаления ВВ) до тех пор, пока их не перевели на стимулирование осаждения реагентами (процесс СЕРТ).

Учитывая мягкость этих требований, можно предположить, что обследовались станции с первичными отстойниками с весьма небольшим временем пребывания.

Приведены данные по удалению ВВ и БПК₅ на очистных сооружениях канализации, где установлены ВЛФ (шесть станций), вращающиеся дисковые сетки (две станции), стационарные решетки и барабанные сетчатые фильтры (одна станция). Размер ячеек сеток, использованных в процессе исследований, составили от 80 до 850 микрон. Только на сооружениях, где были установлены ВЛФ (размер ячеек сетки 350 микрон), отфильтрованный сток соответствовал требованиям ЕС к качеству стока после первичного отстаивания. Там, где эксплуатация ВЛФ осуществлялась с низкой скоростью фильтрации (25 м³/м²/ч), что способствовало образованию более плотного «фильтрующего мата» на сетке, средний уровень удаления ВВ достигал 90 %, а средний уровень удаления БПК₅ – 80 %. При более высоких скоростях фильтрации наблюдалось снижение эффективности очистки. Например, на очистных сооружениях Гудхолмстранда (Guldholmstranda), Норвегия, удаление взвешенных веществ составило 78 % при скорости фильтрации 116 м³/м²/ч (размер ячеек сетки 350 микрон). Во всех ВЛФ, использованных в данных исследованиях, был установлен шнек для обезвоживания задержанных твердых веществ до концентрации 17–37 % сухого вещества (СВ), в среднем 27 %.

В 2012 г. Franchi *et.al.* представил результаты 11-ти недельных исследований на демонстрационной установке ВЛФ на очистных сооружениях Калифорнийского университета в Дейвисе. В ходе исследований использовали три вида фильтровальной ленты из полиэфирного волокна с размером ячеек 180, 250 и 350 микрон. Исследования проводились при скорости фильтрации от 39 до 235 (стандартная 150) м³/м²/ч. При использовании высокопроизводительной ленты с размером ячеек 350 микрон удаление взвешенных веществ составило от 30 до 65 % (в среднем 54 % за период исследований). Фильтрующие ленты с размером ячеек 250 и 180 микрон показали средний уровень удаления ВВ несколько выше – около 60 %. Эту разницу объясни-

ли тем, что лента с более мелкими ячейками улавливает больше ВВ на начальной стадии фильтровального цикла, пока не образовался «фильтрующий мат». При использовании ленты с размером ячеек 350 микрон большинство результатов соответствовали так называемым «Стандартам десяти штатов» (Ten State Standards) – рекомендациям по очистке сточных вод, действующим в северо-восточных штатах США, согласно которым «первичное отстаивание стандартных хозяйственно-бытовых сточных вод должно обеспечивать удаление примерно одной трети исходной БПК стоков, поступающих на очистку, при нагрузке на поверхность отстойника $1,7 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Для более мелкой сетки (180 и 250 микрон) средний уровень удаления БПК составил около 40 % и более.

Franchi et al. (2012) установили, что значения концентрации ВВ обработанной сточной воды ($\text{ВВ}_{\text{вых}}$) строго коррелировали с концентрацией ВВ входящего стока ($\text{ВВ}_{\text{вх}}$). По мнению исследователей, это явление объясняется формированием «фильтрующего мата», создающего эффект «самофильтрующего сита», которое, благодаря автоматическому регулированию скорости ленты, реагирует на концентрацию $\text{ВВ}_{\text{вх}}$, а не на поступающий расход. На рис. 2 показано уда-

ление ВВ (обозначенное разноцветными линиями) для различных диапазонов исходной концентрации ВВ. Очевидно, что уровень удаления ВВ возрастал с увеличением исходной концентрации ВВ. Средний уровень удаления ВВ изменялся с 30 % при нижнем диапазоне ВВ в поступающем на очистку стоке ($<100 \text{ мг/л}$) до 65 % при верхнем диапазоне концентрации ВВ в исходном стоке ($>300 \text{ мг/л}$). Содержание СВ в обезвоженном осадке после шнекового пресса составляло 30–35 %, что показывает весьма эффективное механическое обезвоживание в шнековой секции ВЛФ.

С утверждением о том, что значения концентрации ВВ обработанной сточной воды ($\text{ВВ}_{\text{вых}}$) строго коррелировали с концентрацией ВВ входящего стока ($\text{ВВ}_{\text{вх}}$), трудно согласиться, тем более, что они в этом же абзаце высказывают противоположное мнение, что эффективность удаления возрастает с ростом $\text{ВВ}_{\text{вх}}$. Если внимательно посмотреть на график на рис. 2, то можно увидеть, что прямо пропорциональная зависимость $\text{ВВ}_{\text{вых}}$ от $\text{ВВ}_{\text{вх}}$, имеет место только в узком диапазоне значений $\text{ВВ}_{\text{вх}}$ до 200 мг/л, после этой величины зависимость начинает уменьшаться и после 300–350 мг/л полностью исчезает. Начиная с этих значений $\text{ВВ}_{\text{вх}}$, концентрация $\text{ВВ}_{\text{вых}}$ находится в диапазоне 80–120 мг/л. И в этой зоне уже эффективность удаления прямо пропорционально зависит от $\text{ВВ}_{\text{вх}}$. Т.е. установка работает по принципу: сколько бы ни было на входе свыше 300–350 мг/л, на выходе будет около 100 мг/л.

Рис. 2.

Удаление ВВ для различных диапазонов концентрации ВВ в стоке, поступающем на очистку (лента 350 микрон – данные Franchi et al. (2012))

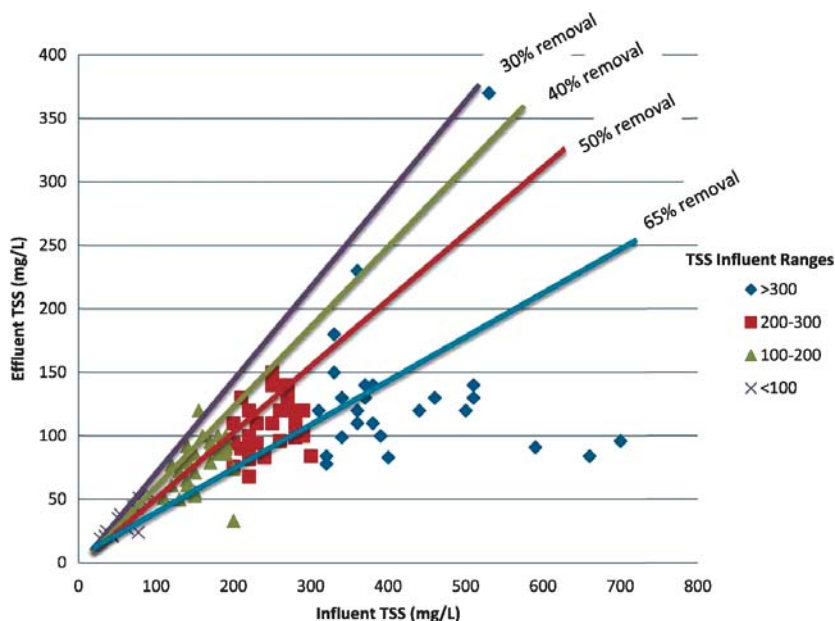
Условные обозначения:

Effluent TSS (mg/L) – концентрация взвешенных веществ в очищенной сточной воде;

30 % removal – 30 % удаление;

Influent TSS (mg/L) – концентрация взвешенных веществ в исходной сточной воде;

TSS Influent Ranges – диапазоны концентрации взвешенных веществ в исходной сточной воде



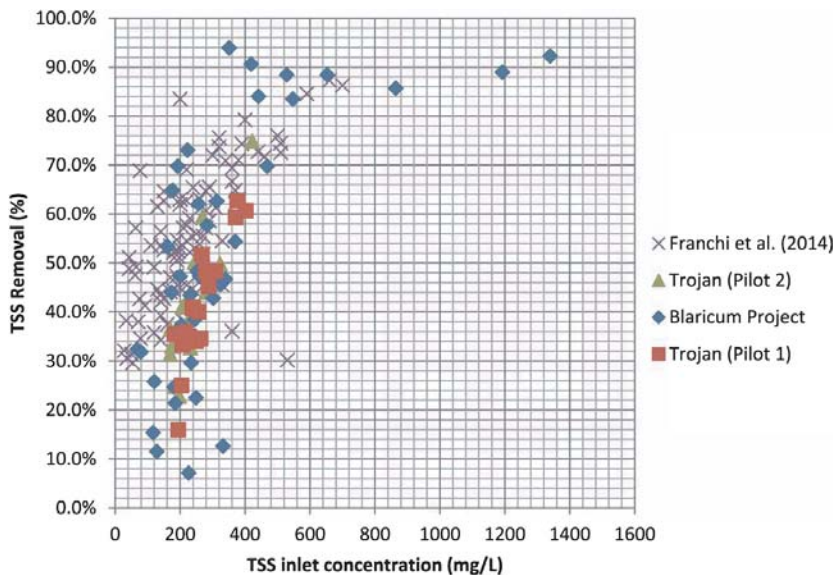


Рис. 3.
Сводные данные по удалению
ВВ для различных диапазонов
концентрации в поступающем
на очистку стоке (размер ячеек
ленты 350 микрон)

Условные обозначения:
TSS Removal (%) – удаление
взвешенных веществ;
TSS inlet concentration (mg/L) –
концентрация взвешенных веществ
(мг/л) в исходной сточной воде;
TROJAN (PILOT 2) – «ТРОЖАН»
(пилотная установка 2);
BLARICUM PROJECT – проект BLARICUM;
TROJAN (PILOT 1) – «ТРОЖАН»
(пилотная установка 1)

Santoro et al. провели исследования соотношения между эффективностью удаления ВВ и концентрацией ВВ в стоке, обрабатываемом по технологии ВЛФ, на пилотной установке в Лондоне (штат Онтарио, Канада, 2014 г.). Фильтрация сточных вод осуществлялась в ВЛФ фильтре с размером ячеек ленты 350 микрон при различных расходах сточных вод. Управление работой фильтра осуществлялось автоматически, как описано выше, путем поддержания заданного уровня жидкости до фильтра при варьировании скорости ленты. Расход процеживаемой воды изменяли в диапазоне 27–84 м³/ч. На рис. 3 приведены результаты, полученные в результате исследований. Аналогично рис. 2 можно наблюдать общий рост эффективности удаления ВВ с увеличением концентрации ВВ (рис. 3 включает также данные, представленные на рис. 2, полученные *Franchi et al.* (2012)).

Peeters et al. (2014) провели испытания ВЛФ с тремя различными размерами ячеек ленты. ВЛФ был установлен до мембранного биореактора (МБР). Медианная эффективность удаления в ходе экспериментов составила, по ВВ и ХПК, соответственно, на ячейках:

750 микрон – 49 и 16 %,
350 микрон – 66 и 30 %,
154 микрон – 72 и 39 %.

На основе этих результатов *Peeters et al.* (2014) произвели расчет энергетического баланса для конфигурации ВЛФ + МБР, на основании которого был сделан вывод, что ВЛФ может обеспечить достаточно высокий уровень удаления органики, что позволит уменьшить размеры биореакторов (до 38 %) и сократить потребление кислорода (до 25 %) по сравнению с традиционным мембранным биореактором без первичного отстаивания.

Еще раз следует обратить внимание, что в технологиях с удалением азота, и, в еще большей степени – также и с биологическим удалением фосфора, удаление органики на стадии первичного осветления должно обеспечивать ее достаточное количество в осветленной воде для протекания процессов денитрификации и дефосфотации. Это ограничивает допустимую эффективность удаления взвешенных веществ.

Эффективность работы ВЛФ определяется конкретными условиями эксплуатации; считается, что она зависит от концентрации и свойств твердых частиц в неочищенных стоках. В частности, повышенная концентрация твердых частиц может обусловить формирование более толстого «фильтрующего мата» на поверхности ленты. Что касается влияния свойств частиц, считается, что присутствие нитчатых материалов может обусловить

формирование толстого и пористого «фильтрующего мата», что, в свою очередь, повышает эффективность удаления ВВ и органики.

Кроме того, регулирование технологического процесса ВЛФ можно осуществлять с помощью различных стратегий. Например, гидравлическая мощность максимально увеличивается при условии, что уровень воды до фильтра всегда будет на самом высоком заданном уровне. В таких условиях эффективность удаления ВВ минимизируется, поскольку тонкий слой частиц, скапливающихся на ленте в течение цикла фильтрования, будет также минимальным.

Аналогично улучшенной (стимулированной) реагентами первичной очистке (СЕРТ) в первичных отстойниках эффективность ВЛФ можно повысить путем добавления реагентов. В этом случае мы имеем дело со стимулированной реагентами первичной фильтрацией (СЕРФ). Испытания, проводимые до настоящего времени, показывают, что добавление полимерных флокулянтов до ВЛФ действует более эффективно, чем применение коагулянтов (солей металлов) с добавлением флокулянтов. Это явление можно объяснить более интенсивной кинетикой роста частиц и агломерацией коллоидных частиц на стадии коагуляции. Ведь взвешенные вещества, измеряемые в сточной воде – это количество сухих частиц, задержанных на стандартном фильтре из стекловолокна после фильтрации хорошо перемешанной пробы.

Методика 160.2 Агентства охраны окружающей среды (US EPA 1983) и Методика 2540 D (Standard Methods 2012)

Большая фракция коллоидных веществ (определяемых как частицы размером менее 1 микрона минимум в одном измерении) не улавливается фильтрами (диапазон 0,7–1,5 микрона), утвержденными указанными стандартными методами. Таким образом, коагуляция коллоидных частиц до более крупных, уже удерживаемых фильтром (но еще не удерживаемых ситом), как до ВЛФ, так и после него, может привести к росту ВВ в сточной воде путем образования новых частиц, учитываемых в анализе, и создать при этом ложное впечатление более низких ре-

зультатов по эффективности. Хотя, задержание массы ВВ на ленте сита в данном случае может быть более значительным. С другой стороны, полимер, напротив, стимулирует накопление уже сформированных хлопков, а не коллоидного материала, увеличивая только задерживаемую на фильтре часть ВВ.

Лабораторные исследования (на сите и в колонне), проведенные компанией Trojan Technologies на городской сточной воде Австралии в 2014 г. (Trojan Technologies 2014), показали, что добавление катионного полимера значительно повышало эффективность удаления ВВ (табл. 1). Без добавления полимера эффективность удаления ВВ варьировалась в диапазоне от 38 (размер ячеек 350 микрон) до 44 (размер ячеек 250 и 158 микрон). Удаление БПК в ленточном фильтре с размером ячеек 350 микрон (для двух других размеров величину БПК не оценивали) составлял 20 %, а уровень удаления ХПК – 23 %. Поскольку эффективность удаления ВВ и БПК не соответствовала требованиям сооружений, были проведены дополнительные испытания с добавлением полимера до ВЛФ. Доза полимера, который добавляли в ходе данных исследований, составляла 2,0 мг/л (при сочетании с коагулянтом, типовая доза которого в промышленном масштабе составляет 0,5–1 мг/л в зависимости от типа полимера и концентрации сточных вод. По трем размерам ячеек фильтроткани, использованной в данных исследованиях, увеличение эффективности удаления ВВ при использовании реагентов составило: для размера сетки 350 микрон от 38 до 72 % (+38 %), а для размеров 250 и 158 микрон – от 44 до 74 % (+30 %). Добавление полимера стимулировало также удаление органики: удвоило уровень снижения ХПК (от 23 до 46 %) и БПК (от 20 до 41 %). После добавления полимера уровень удаления общего фосфора достиг 16 % (без добавления полимера удаления фосфора не происходило). Суммарные результаты исследований для фильтров с различными размерами ячеек, с добавлением полимера и без, приведены в табл. 1, другие параметры, которые контролировали при использовании сетки с размером ячеек 350 микрон – в табл. 2.

Таблица 1.

Удаление ВВ в ВЛФ без добавления и с добавлением полимера

Размер ячеек фильтрующей сетки, микрон	Концентрация ВВ в неочищенном стоке (мг/л)	Диапазон концентрации ВВ в очищенном стоке (мг/л)*	Средняя концентрация ВВ в очищенном стоке (мг/л*)	Диапазон эффективности удаления ВВ (%)*	Средняя эффективность удаления ВВ (%)*
350	270–420	150–290 (74–97)	198 (87)	23–48 (67–76)	38 (72)
250		140–240 (71–97)	178 (84)	36–55 (69–77)	44 (74)
158		130–270 (69–97)	178 (82)	28–58 (70–77)	44 (74)

* В скобках – результаты испытаний при добавлении 2 мг/л полимера

Таблица 2.

Удаление БПК, ХПК, азота и фосфора в ВЛФ (размер ячеек сетки 350 микрон)

Без добавления и с добавлением полимера

Тип неочищенных или очищенных стоков	БПК (мг/л)*	ХПК (мг/л)*	Общий фосфор (мг/л)*
Неочищенные стоки	290	810	12
Фильтрация с размером ячеек 350 микрон – без добавления полимера	230 (20)	620 (23)	12 (0)
Фильтрация с размером ячеек 350 микрон – с добавлением 2 мг/л полимера	170 (40)	430 (47)	10 (17)

* В скобках – результаты эффекта удаления, %

Rusten & Ødegaard (2006) описали результаты исследований стимулированной реагентами фильтрации СЕРФ на очистных сооружениях Бангзунд, Норвегия (Bangsund WWTP, Norway), где качество сточных вод было неблагоприятным для применения ВЛФ (мелкие частицы взвешенных веществ), и требовалось предварительное кондиционирование ВВ до ВЛФ. Исходная опытная технологическая линия включала ВЛФ с размером ячеек сетки 850 микрон, последующий статический смеситель для внесения коагулянта и ВЛФ с размером ячеек сетки 250 микрон для удаления коагулированных твердых веществ. Лучшие результаты были фильтрации только на ВЛФ с размером ячеек сетки 250 микрон с добавлением 1 мг/л катионного полимера (Pemcat 163). Даже в этом случае добавление полимера было более эффективно, чем коагуляция солями металлов с последующей флокуляцией. При использовании только фильтра с размером ячеек сетки 250 микрон средний уровень удаления ВВ в шести опытах составил 66 %. В отношении обезвоживания осадка в шнеке исследователи *Rusten u Ødegaard* не наблюдали различий в применении стимулирования реагентами (СЕРТ) или без него.

Анализ преимуществ технологии

Освещение на ВЛФ требует примерно 1/10 от площади, необходимой для традиционных первичных отстойников, что определяется десятикратной разницей в нагрузке на рабочую поверхность. Для обеспечения удаления 40–70 % ВВ, что обычно для ВЛФ для фильтрации городских сточных вод в Северной Америке и Европе, при использовании традиционного отстойника нагрузка составляет в среднем 1,7 м³/м²/сут., тогда как нагрузка в пересчете на общую площадь отделения ВЛФ составляет от 12 до 20 м³/м²/сут. (Salsnes 2014), в зависимости от конфигурации ВЛФ (в более крупных установках скорость фильтрации на общую площадь выше).

В зависимости от масштаба очистных сооружений, типа конструкции и характеристик сточных вод ступень биологической очистки потребляет от 50 до 80 % общего энергопотребления сооружений. При снижении нагрузки по ВВ и БПК на стадии первичной очистки потребление энергии на стадии биологической очистки можно значительно уменьшить за счет сокращения энергозатрат на аэрацию.

В табл. 3 представлены расчеты энергозатрат для очистных сооружений канализации мощностью 36 тыс. м³/сут. с активным илом и термофильной аэробной стабилизацией (кейс А) или с активным илом и анаэробным метантенком (кейс В). Для каждого кейса были рассчитаны энергозатраты на различных стадиях процесса: в отсутствие первичной очистки (без первичных отстойников) в сравнении с применением ВЛФ (без добавления реагентов) для удаления ВВ. Предполагалось, что весь осадок первичных отстойников подается на стабилизацию. Генерация энергии в результате анаэробного сбраживания не учитывалась ввиду малого масштаба сооружений.

Спорная позиция. Утилизация биогаза, даже в таком масштабе, в любом случае целесообразна хотя бы для получения тепла для обогрева метантенков.

Расчеты проводились для поступающего на очистку стока с концентрацией ВВ и БПК по 250 мг/л. Предполагалось, что эффективность удаления БПК в процессе ВЛФ составляла 30 %, а удаления ВВ – 50 % (эти предположения основаны на технических характеристиках, приведенных в данной статье).

Как и следовало ожидать, включение ВЛФ в технологический процесс очистки на сооружениях, где не использовалось первичное отстаивание, обеспечило значительное сокращение потребления электроэнергии: на 22 % в случае применения аэробного термофильного сбраживания (при том, что

большая часть энергии расходуется на подачу воздуха в этот процесс) и на 28 % при анаэробном сбраживании в метантенках.

В отношении энергетического потенциала образующегося осадка *Paulsrud et al.* (2014) приводят результаты сравнительных исследований ВВ, улавливаемых сетками с малым размером ячеек, с осадком первичных отстойников. Были проведены анализы проб осадка на концентрацию СВ, органических веществ, ХПК, теплотворную способность и метановый потенциал. Результаты показали, что осадок после фильтрования стоков имел более высокую концентрацию органических веществ и более высокий метановый потенциал по сравнению с обычным осадком первичных отстойников. В частности, средние значения метанового потенциала, рассчитанного по СВ, составили 318 нл¹ CH₄/кг СВ осадка после ВЛФ и 229 нл CH₄/кг СВ осадка первичного отстойника. По утверждению *Paulsrud et al.*, это очевидное доказательство того, что при использовании для осветления сточных вод процеживания через фильтры с малым размером ячеек сетки вместо первичных отстойников метановый потенциал существенно увеличивается, что весьма важно для очистных сооружений с анаэробными метантенками.

Объяснений столь существенного, на 40 %, увеличения метанового потенциала СВ осадка авторы не приводят. Это теоретически возможно при соблюдении следующих предположений: ВЛФ лишь в малой степени задерживают глинистые частицы и существенно эффективнее задерживают жировые загрязнения. Однако, не ясно, насколько это возможно на практике.

Таблица 3.

Экономия электроэнергии в результате установки ВЛФ на сооружениях активного ила

Технологические стадии	Потребление электроэнергии, тыс. кВт·ч/сутки, при использовании технологий осветления и стабилизации осадка			
	термофильная аэробная стабилизация осадка		мезофильное анаэробное сбраживание осадка	
	без осветления	осветление на ВЛФ	без осветления	осветление на ВЛФ
ВЛФ	–	0,1	–	0,1
Подача воздуха в аэротенки	15,7	11,0	15,7	11,0
Сгущение избыточного активного ила (флотационный метод)	1,8	1,3	1,8	1,3
Стабилизация осадка	6,9	6,9	1,4	1,4
Обезвоживание (ленточный фильтр-пресс)	0,4	–	0,4	–
Прочие технологические нужды	0,3	0,34	0,3	0,34
Всего	25,1	19,6	19,6	14,1

Remy et al. (2014) провели испытания концепции максимального экстрагирования органических веществ в осадок для стимулирования регенерации энергии в процессе анаэробного сбраживания и снижения потребности в аэрации в процессе минерализации углерода. Было проведено сравнение анаэробного сбраживания осадка, полученного с применением коагуляции, флокуляции и процеживания через мелкие сетки (при эффекте удаления ХПК 70–80 %), с осадком первичных отстойников, в обоих случаях в смеси с избыточным активным илом от биологической очистки. Выход биогаза на количество входящего органического (беззольного) вещества смеси осадков при технологии с ВЛФ составил 600 нл/кг БВ по сравнению с 430 нл/кг БВ для смеси осадков традиционного процесса очистки.

Приведенный эффект хорошо объясним, с учетом того, что соотношение осадков от первичного осветления и избыточного активного ила при использовании ВЛФ значительно выше, чем в традиционном процессе, а метановый потенциал БВ даже обычного осадка первичных отстойников, как минимум, на 20 % выше, чем у активного ила.

Предполагается, что эффективность ВЛФ в отношении соотношения ХПК/Н будет аналогичной эффективности первичных отстойников. Эффективность обеих технологий в отношении удаления ХПК одинакова; и ни ВЛФ, ни традиционные первичные отстойники не обеспечат удаление значительных концентраций полностью биоразлагаемой БПК₅ или ХПК (Barnard, 1984).

Эффективность обеих технологий в отношении удаления ХПК одинакова только при использовании ВЛФ без реагентов.

Ряд исследований, проведенных в лаборатории компании Trojan Technologies в Лондоне (штат Онтарио, Канада), показали уровень удаления общего азота в ВЛФ порядка 20 %, что сопоставимо с опубликованными *Henze & van Loosdrecht* (2008) данными для традиционного осаждения – 16 %.

Это обусловлено, прежде всего, задержанием при осветлении частиц белков.

Пока соотношение полностью биоразлагаемая ХПК/Н в очищенном стоке не изменяется, не следует ожидать эффекта влияния на последующие процессы биологического удаления азота; вместе с тем, следует провести анализ экстремальных сценариев в масштабе всей станции, когда проектная эффективность удаления БВ в процессе первичной очистки составляет >80 %, в целях лучшего понимания влияния нагрузки по биогенам, поступающим с возвратным илом, а также углеродного баланса, необходимого для процессов биологического удаления биогенных элементов. Следует также отметить, что процессы СЕРТ (стимулированное реагентами первичное отстаивание) или СЕРФ (стимулированная реагентами первичная фильтрация) ориентированы на концепции передачи углерода на другую стадию (а не разложения углерода). Для обеспечения удаления биогенных элементов возможно применение другой стратегии с целью ограничения применения внешних источников углерода, например, метод динамичного добавления углерода посредством использования датчика нитратов в очищенном стоке, или как альтернатива, фильтрование части неочищенного стока без добавления реагентов для использования растворенной ХПК для денитрификации (*Remy et al.* 2014).

Важность этой темы не раз уже отмечалась. То, что авторы касаются ее в конце публикации, демонстрирует нам разницу технологических подходов к этой проблеме, характерной для Северной Америки. В рамках этого подхода нормально удалить максимум органики из сточной воды, а потом дозировать внешний субстрат (метанол, этанол и др.) на стадии денитрификации. Отечественные ценовые реалии этого не позволяют.

Наконец, в перспективе можно рассматривать применение глубокой первичной очистки в качестве предварительной обработки для последующих биологических процессов, требующих низкого и хорошо контролируемого соотношения ХПК/Н, таких как Anammox, Nereda, водорослевые реакторы или удаление NH₄⁺ физическими методами, такими как ионообмен.

Процесс с гранулированным аэробным активным илом Nereda² не требует низкого и контролируемого соотношения ХПК/Н. Все биологические процессы, в нем участвующие – те же, что и при обычном биологическом удалении азота и фосфора.

¹ нл – литры метана, приведенные к нормальным условиям (температура 0 °С при давлении 760 мм рт. ст.) – Примеч. ред.

² Подробнее см. статью «Система аэробного гранулированного ила AquaNereda®». НДТ. 2017. № 3. С. 55.

Выводы

Технология удаления взвешенных веществ на вращающихся ленточных фильтрах, сама по себе или в сочетании с использованием полимеров, в настоящее время усиленно исследуется и испытывается, и постепенно «дозревает». Опыт работы ряда промышленных установок ВЛФ в разных странах дает основание рекомендовать эту технологию в качестве альтернативы первичным отстойникам и другим процессам удаления твердых взвесей. Фактические эксплуатационные результаты ВЛФ, опубликованные в литературе, сопоставимы с таковыми для первичного отстаивания, при том, что установка ВЛФ занимает 1/10 площади традиционных отстойников. Это имеет большое значение при модернизации существующих сооружений, где площадь ограничена.

Промышленные и пилотные испытания показали, что применение технологии ВЛФ без добавления полимера обеспечивает удаление более 30–60 % ВВ и 15–30 % БПК в зависимости от концентрации ВВ на впуске сооружений. Дополнительные результаты пилотных исследований, приведенные в данной статье, предполагают, что при добавлении полимера до ВЛФ технология обеспечивает снижение концентрации ВВ до 70 % и снижение БПК до 40 %.

Поскольку экономия электроэнергии является одной из важнейших задач модернизации существующих и проектирования новых очистных сооружений, применение ВЛФ в качестве ступени первичной очистки вызывает большой интерес. Включение ВЛФ в технологическую цепочку на сооружениях, где нет первичных отстойников, обеспечивает значительную экономию энергии за счет сокращения энергозатрат на аэрацию в процессах биологической очистки. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Aquifas, 2012 AquaNET (Aquifas) 2012 version. <http://www.aquifas.com> (accessed February 2015).
2. Barnard, J. L. 1984 Activated Primary Tanks for Phosphate Removal. *Water SA*, 10 (3), 121–126.
3. Council Directive, 1991 Council Directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment 91/271/EEC. In: *Official Journal of the European Communities* No L 135/40. 30. 5. 91.
4. Electric Power Research Institute (EPRI) 2002 'Water & Sustainability (Volume 4): U.S. Electricity Consumption for Water Supply & Treatment – The Next Half Century' (Page 3–3).
5. Energy Center of Wisconsin 2003 'Energy-Saving Opportunities for Wastewater Facilities' (Page 12).
6. Environmental Protection Agency (EPA) 2006 Wastewater Management Fact Sheet: Energy Conservation.
7. Franchi, A., Stedman, K. & Mitchel, C. 2012 Demonstration-Scale of Primary Solids Harvesting for Energy Recovery at UC
8. Davis. In *Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2012*, New Orleans, LA.
9. Henze, H. & van Loosdrecht, C. M. 2008 *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling, and Design*, edited by Henze, Mogens & van Loosdrecht, Mark C. M.. IWA publishing.
10. Huber 2014 'Energy Efficient Biological Treatment.' <http://www.huber.de/index.php?id=1589> (accessed 18 September 2014).
11. M&E, 2003 *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edn.
12. NYSERDA, 2008, 'Statewide Assessment of Energy Use by the Municipal Water and Wastewater Sector' (Page 4–3).
13. Paulsrud, B., Rusten, B. & Aas, B. 2014 Increasing the sludge energy potential of wastewater treatment plants by introducing fine mesh sieves for primary treatment. *Water Science & Technology* 69 (3), 560–565.
14. Peeters, J., Vicevic, G., Syed, W. & Côté, P. 2014 MBR with Enhanced Primary Treatment to Reduce Energy Consumption. In: *Proceedings of the Singapore International WaterWeek (SIWW)*.
15. Pennsylvania Dept. of Environmental Protection 2011 'Electric Use at Pennsylvania Sewage Treatment Plants' (Page 9).
16. Remy, M., Boulestreau, M. & Lesjean, B. 2014 Proof of concept for a new energy-positive wastewater treatment scheme. *Water Science & Technology*, 70.10.
17. Rusten, B. & Ødegaard, H. 2006 Evaluation and testing of fine mesh siver technologies for primary treatment of municipal wastewater. *Water Science & Technology*, 54 (10).
18. Salsnes Filter, 2014 <http://www.salsnes-filter.com/resources/> P.31 (accessed 19 July 2014).
19. Santoro, D., Sun, W., Mao, S. & Daynouri-Pancino, F. 2014 Salsnes Filter Performance (internal report).
20. Standard Methods, 2012 *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22th Edn, 2012 Method 2540 D.
21. Trojan Technologies, 2014 Bench-scale testing of the addition of polymer to RBF for improving the performance—unpublished up to date.
22. US EPA 1983 *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, EPA-600/4-79-020. Revised (3/83) Method 160.2



НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

ООО «РАВВ-Конгресс»

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

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

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ

ИНН 7736296977	КПП 773601001	р/с 40702810200120002894
ПАО «МИНБанк», г. Москва	БИК 044525600	к/с 30101810300000000600

СЧЕТ № НДТ-5/18

дата: « 5 » октября 2017 г.

Предмет счета	Кол-во комплектов	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» на 2018 г. (6 номеров)	1	6600-00	6600-00
НДС 18 %			1006-77
Итого			6600-00

Всего к оплате: **Шесть тысяч шестьсот рублей 00 копеек**

Генеральный директор

Гл. бухгалтер



Андреева С.В.

Андреева С.В.

ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ ПЛАТЕЖНОГО ПОРУЧЕНИЯ

Сумма прописью: Шесть тысяч шестьсот рублей 00 копеек

ИНН	КПП	Сумма	6600 - 00
Платательщик		Сч. №	
Банк плательщика		БИК	
ПАО «МИНБанк», г. Москва		Сч. №	
БИК		БИК	044525600
Сч. №		Сч. №	30101810300000000600
ИНН 7736296977	КПП 773601001		
ООО «РАВВ-Конгресс»		Сч. №	40702810200120002894
Получатель		Вид оп.	Срок плат.
		Наз. пл.	Очер. плат.
		Код	Рез. поле
			1

Почтовый адрес:

Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» 2018 г. (6 номеров) по счету № НДТ-5/18 от 05.10.2017 (в т.ч. НДС 18 % - 1006-77 руб.)

Назначение платежа

Телефон:

Обязательно укажите:

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

М.П.

Подписи

Отметки банка



ЖУРНАЛ ЛУЧШЕЙ ПРАКТИКИ

**ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ
«НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»
НА 2018 ГОД**

Журнал распространяется в печатной и электронной версиях.

Выходит 6 раз в год (месяцы выхода февраль, апрель, июнь, август, октябрь, декабрь).

Редакционная подписка

Издатель: ООО «РАВВ-Конгресс»

Годовая подписка (6 номеров) – 6600 руб. (в т.ч. НДС), с учетом почтовой доставки по России.

Удобное оформление на сайте: <http://vodexp.com/ndt>

Тел. +7 (499)137-50-26

В отделениях связи

Агентство «Роспечать».

Каталог «Газеты, журналы»

Подписной индекс: **80647**

Агентства

альтернативной подписки

Группа компаний «Урал-Пресс»

www.ural-press.ru

тел/факс: (499)700-05-07
(многоканальный)

Агентство подписки

«Деловая пресса»

<https://delpress.ru/>

тел/факс: +7 (499)704-13-05
(многоканальный)