

Эксперт

НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

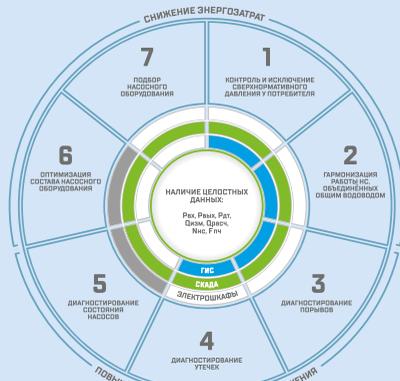
Методические
рекомендации
по расчету
и проектированию
ОСК поселений,
соответствующих
НДТ

Показатели оценки состояния систем
централизованного водоснабжения при
реализации федерального проекта «Чистая вода»

Реконструкция КОС «Чавыча»:
поэтапно к конечному результату



Роль и задачи АСУ ТП
в контексте цифровизации



**ВОДА
NEWS**
ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ
ОТРАСЛИ ВКХ

СБЕРБАНК:
коробочное
решение
по кредитованию
проектов
для ВКХ

25

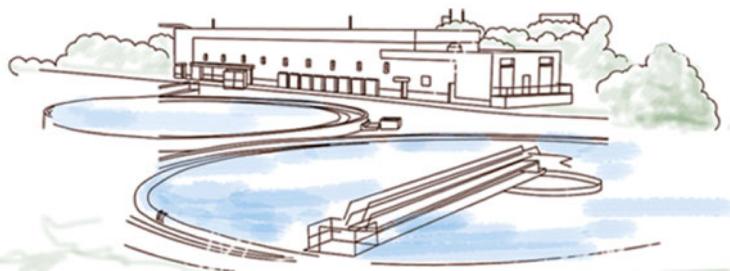
лет промышленного
внедрения
технологий удаления
азота и фосфора
в Мосводоканале



группа компаний

Водоканал Эксперт

Группа компаний «Водоканал Эксперт»
119334, Москва, Ленинский проспект, 38, корп. 2
<http://vodokanal.expert> +7 499 137-50-26



ФЕВРАЛЬ '2019 #1



ПРИНЦИП НДТ



ГОРЯЧАЯ ТЕМА



КОНЦЕССИЯ

Что требуется
для получения
**комплексного
экологического
разрешения:**
комментарий эксперта

2

**Проектирование
сооружений
биологической
очистки** с удалением
азота и фосфора
в соответствии
с требованиями
НДТ: разработаны
методические
рекомендации

6

**Сбербанк предлагает
коробочное решение
по кредитованию
проектов**
в водоснабжении
и водоотведении

14

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

Издатель
ООО «РАВВ-Конгресс»
119334, г. Москва,
Ленинский проспект,
д. 38, корп. 2
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



КАЧЕСТВО ВОДЫ



ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

**Роль и задачи систем
автоматизации городского
водоснабжения** в контексте
цифровизации

17

**Показатели оценки
состояния систем
централизованного
водоснабжения** при
реализации федерального
проекта «Чистая вода»

27

**Реконструкция КОС
«Чавыча»** Петропавловска-
Камчатского: поэтапно
к конечному результату

34

**25 лет промышленного
внедрения технологий
удаления азота и
фосфора на московских
очистных сооружениях:**
20 апробированных
технологических решений

42

**Модернизация очистных
сооружений канализации**
путем внедрения отдельного
процесса очистки
промстоков и возвратных
потоков очистных
сооружений

57

Что требуется для получения комплексного экологического разрешения: комментарий эксперта



**Г.Ю. Гришина,
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ДИРЕКТОР
ГК «Водоканал
ЭКСПЕРТ»**

С 2019 г. действуют новые меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. В зависимости от категории объекта негативного воздействия на окружающую среду, подлежащей присвоению объекту при постановке на государственный учет, необходимо получить будет получить комплексное экологическое разрешение. За осуществление деятельности без него, если получение обязательно, предусмотрена административная ответственность.

Это принципиально новый вид документа, процедура подготовки и получения которого, по оценкам экспертов, займет более 1,5 лет.

В статье описаны этапы выполнения всех необходимых мероприятий, их цели и сроки проведения.

С 1 января 2019 г. вступили в силу положения Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – Закон № 219-ФЗ), устанавливающие меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды в зависимости от категории объекта негативного воздействия на окружающую среду, подлежащей присвоению такому объекту при постановке на государственный учет.

Категории объектов негативного воздействия установлены статьей 4.2 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее – Закон № 7-ФЗ): выделяют объекты I, II, III и IV категорий. Критерии, на основании которых осуществляется отнесение к категории, установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». Постановка на учет осуществляется в соответствии со статьей 69.2 Закона № 7-ФЗ.

Комплексные экологические разрешения (далее – КЭР) необходимо получить в отношении объектов:

I категории – обязательно,

II категории – вправе при наличии соответствующих отраслевых информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям,

В отношении объектов III и IV категорий выдача КЭР не предусмотрена.

Законом № 219-ФЗ установлены сроки получения КЭР:

С 1 января 2019 г. по 31 декабря 2022 г. – в отношении объектов, включенных в утвержденный приказом Минприроды России от 18.04.2018 № 154 перечень объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 % (к ним относятся более 70 очистных сооружений организаций, осуществляющих водоотведение), должна быть подана заявка на КЭР.

С 1 января 2019 г. по 1 января 2025 г. – в отношении объектов I категории, не включенных в упомянутый перечень.

Разрешения и документы, полученные до 1 января 2019 г., будут действовать до истечения срока действия этих разрешений и документов, указанного в них, или до получения КЭР, если КЭР будет получен ранее завершения срока действия таких разрешений и документов. Также до получения КЭР в установленные сроки можно получить (переоформить) указанные разрешения и документы.

Для получения КЭР в отношении объектов организаций, осуществляющих водоотведение, требуется выполнение следующих мероприятий:

1. *Отнесение централизованных систем водоотведения в целом или отдельных технологических зон водоотведения к централизованным системам водоотведения городского округа.*

Данное мероприятие позволит:

1) при последующем получении КЭР установить технологические нормативы для технологически нормируемых веществ (для бытовых и общесплавных систем – взвешенные вещества, ХПК, БПК₅, азот аммонийный, азот нитратов, азот нитритов, фосфор фосфатов);

2) после получения КЭР не обеспечивать достижение нормативов допустимых сбросов для веществ, не относящихся к технологически нормируемым;

3) применять при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду коэффициенты, установленные Федеральным законом от 29.07.2017 № 225-ФЗ (0,5 и 1).

2. *Проведение инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.*

В соответствии с Порядком проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, который подлежит утверждению постановлением Правительства Российской Федерации в первой половине 2019 г. Данное мероприятие проводится с целью определения перечня загрязняющих веществ, в отношении которых рассчитываются нормативы допустимых сбросов для объектов централизованных систем водоотведения поселений, городских округов.

3. *Определение гидрохимических и гидрологических характеристик водных объектов на участках выпусков сточных вод.*

Данное мероприятие позволит учитывать разбавление при расчете нормативов допустимых сбросов для получения более «мягких» значений нормативов для веществ, не относящихся к технологически нормируемым.

4. *Осуществление классификации водных объектов, их акваторий и водохозяйственных участков.*

В соответствии с Правилами отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов, которые подлежат утверждению постановлением Правительства Российской Федерации в первой половине 2019 г.

Категорирование водных объектов (присвоение категорий А, Б, В или Г) будет осуществляться Федеральным агентством водных ресурсов.

5. *Подготовка заявки на получение КЭР.*

В рамках подготовки заявки по форме, утвержденной приказом Минприроды России от 11.10.2018 № 510, определяются значения технологических нормативов, нормативов допустимых выбросов, сбросов загрязняющих веществ, нормативов образования отходов и лимиты на их размещение.

6. *Разработка проекта программы повышения экологической эффективности и согласование Межведомственной комиссии, создаваемой Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.*

Разрабатывается и утверждается в случае невозможности соблюдения нормативов допустимых выбросов, технологических нормативов на период их поэтапного достижения (абзац 2 части 1 статьи 67.1. Закона № 7-ФЗ).

Для установления временно разрешенных выбросов и сбросов программа повышения экологической эффективности включает в себя показатели и график поэтапного снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Программой повышения экологической эффективности признаются утвержденные орга-

низациями, осуществляющими водоотведение, до 01.01.2019 планы снижения сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты.

7. *Прохождение государственной экологической экспертизы* (за исключением случая, предусмотренного частью 7.5 статьи 11 Федерального закона от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе»).

8. *Подача заявки на получение КЭР.*

КЭР выдается на основании положительного заключения государственной экологической экспертизы материалов обоснования КЭР после рассмотрения заявки в месячный срок.

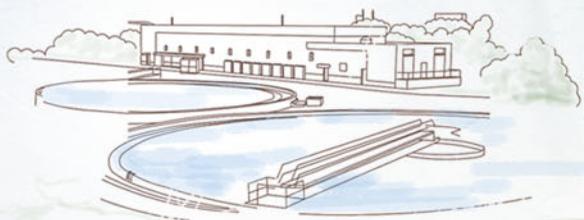
КЭР выдается сроком на 7 лет, с возможным продлением на тот же срок.

Общая продолжительность подготовки и получения КЭР для объекта организации, осуществляющей водоотведение, составляет 460–550 календарных дней (с момента вступления в силу нормативных правовых актов, устанавливающих особенности нормирования таких организаций), а в случае необходимости согласования программы повышения экологической эффективности она будет 580–670 календарных дней (с возможностью продления на 60 календарных дней).

За осуществление деятельности без КЭР, если его получение обязательно, статьей 8.47 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях предусмотрена административная ответственность в виде штрафа в размере до 100 000 рублей.

Учитывая длительные сроки для проведения мероприятий в целях получения КЭР, необходимо начинать подготовку документов уже в начале 2019 г.

ГК «Водоканал Эксперт» оказывает помощь организациям, эксплуатирующим объекты I и II категорий, по разработке документации для получения КЭР. Комплекс услуг включает работы от подготовки плана мероприятий, разработки документации по каждому мероприятию, необходимому для получения КЭР, до предоставления в уполномоченный орган заявки, материалов обоснования и положительного заключения государственной экологической экспертизы. Осуществляется консультационное сопровождение на каждом этапе подготовки и согласования документов. ●



группа компаний

Водоканал Эксперт

УСЛУГИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Группа компаний «Водоканал Эксперт» - ведущая экспертная организация в области водоснабжения и водоотведения. За 10 лет деятельности реализовано более 100 проектов по всей России.

Услуги водоканалам и промышленным предприятиям:

- Комплексные экологические разрешения (КЭР), в том числе сопровождение общественных обсуждений и государственной экологической экспертизы;
- Программы производственного экологического контроля и автоматического контроля;
- Программы повышения экологической эффективности и планы мероприятий по охране окружающей среды;
- Паспорта отходов всех классов опасности;
- Нормативы образования отходов и лимитов на их размещение;
- Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ и разрешения на выбросы;
- Декларации о воздействии на окружающую среду.

Полное экспертное сопровождение на каждом этапе подготовки, согласования и утверждения документации.

ЕСЛИ ВОДА ВАШ БИЗНЕС – МЫ СДЕЛАЕМ ЕГО УСПЕШНЫМ!

WWW.VODOKANAL.EXPERT

8 (499) 137-32-40

Проектирование сооружений биологической очистки с удалением азота и фосфора в соответствии с требованиями НДТ: разработаны методические рекомендации

Д.А. Данилович,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И МОДЕРНИЗАЦИИ В ЖКХ
Ассоциации «ЖКХ
И ГОРОДСКАЯ СРЕДА»,
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР
ЖУРНАЛА «НДТ»

А.Н. Эпов,
ГЛАВНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПЕЦИАЛИСТ ООО
«Домкопстрой»

С 2019 г. начинают действовать положения Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ, предусматривающие переход на технологическое нормирование сбросов на основе НДТ. Важно отметить, что для сточных вод поселений, в зависимости от масштаба очистных сооружений и категории водного объекта-водоприемника, предусматриваются различные значения технологических показателей (ТП) НДТ. Одновременно дан старт первой за постсоветский период программы государственных инвестиций в коммунальные очистные сооружения в соответствии с нацпроектом «Экология», локализованным в рамках бассейна Волги.

Основным технологическим содержанием обоих процессов явится модернизация существующих сооружений с переводом их на удаление азота и фосфора. Однако, несмотря на важность этой задачи, в России до настоящего времени отсутствовала общедоступная методика расчета таких сооружений.

Авторы публикации разработали Методические рекомендации по проектированию сооружений биологической очистки с удалением азота и фосфора с использованием аэротенков, обеспечивающих технологические показатели наилучших доступных технологий. Настоящая статья ставит целью проинформировать об их содержании, возможностях и основных особенностях.

Расчетные методики

В конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века процессы нитри-денитрификации внедрялись в практику очистки стоков на основе рекомендаций научно-исследовательских организаций. СНиП 2.04.03-85 [1] (не действует) был разработан в период, когда удаление азота при очистке городских сточных вод еще не требовалось, поэтому он вообще не содержал формул для этого процесса.

В СНиП – Своде правил 32.13330.2012 [2] имеется ряд положений, посвященных биологическому удалению азота и фосфора. Однако, в соответствии с положениями Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ СП 32.13330.2012 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» практически не содержит расчетных формул, оставляя возможность применения альтернативных методик расчета, в том числе математических моделей для расчета сооружений биологической очистки (п. 9.2.7.7). Выбор метода расчета определяется проектировщиком (под его ответственность). Это позволяет использовать современные методы расчета, в первую очередь, математическое моделирование, программы и модели для которого быстро совершенствуются. Кроме того, стало возможным разрабатывать проекты с привлечением ведущих зарубежных компаний, располагающих своими расчетными методиками.

Наиболее популярной расчетной системой в значительной части стран Западной и Восточной Европы является немецкий стандарт ATV-DVWK A 131 (в английском переводе – Dimensioning of Single Stage Activated Sludge Plants) [3], название которого можно перевести как «Расчет сооружений одноступенчатой биологической очистки с активным илом». Для разработки данного пособия в Германии была создана рабочая группа из нескольких десятков ведущих специалистов, а также организован и профинансирован межвузовский обмен немецкоязычных вузов, работающих по этой тематике. В 2016 г. стандарт был частично переработан (пока доступен только на немецком языке).

Его применение в России сопряжено с рядом проблем. Отсутствие авторизованного профессионального перевода данного стандарта приводит к использованию пере-

водов разной степени адекватности, что влечет за собой соответствующие качество расчетов. Техническая проблема является далеко не единственной. К существенным недостаткам ATV-DVWK A 131, в том числе при его использовании в условиях российского законодательства, можно отнести:

- ориентированность расчетного возраста ила только на значение остаточной концентрации аммонийного азота, равное 1 мг/л,
- отсутствие возможности расчета на достижение заданной концентрации азота нитритов,
- отсутствие учета в расчете ряда особенностей таких популярных технологических схем, как многоступенчатая нитри-денитрификация, процессы биодефосфотации МУСТ и ЖНВ,
- упрощенную формулу расчета вторичных отстойников, не учитывающую целевую концентрацию взвешенных веществ в очищенной воде.

Следует обратить внимание, что форма подачи расчетных уравнений ATV-DVWK A 131 позволяет предположить их эмпирический характер, т.е. что они не связаны с базовыми кинетическими уравнениями процессов.

НИИ ВОДГЕО разработана и используется собственная методика [4], однако впервые она была опубликована в относительно полном объеме лишь в конце 2018 г. [5]. По мнению авторов статьи, детально изложенному в публикациях 2017–2018 гг. [6,7], данная методика использует некорректный подход к базовым кинетическим уравнениям, не учитывающий фактическую долю биомассы нитрификаторов в биомассе, в результате чего, по сути, является во многом эмпирической и не может быть рекомендована к применению.

Дискуссия относительно методики НИИ ВОДГЕО побудила авторов в 2018 г. осуществить детальное изучение всей совокупности зарубежных подходов к расчету процессов удаления азота. Был выполнен анализ стандарта ATV-DVWK A131 [8], методик, предложенных и опубликованных в Руководстве по удалению азота Агентства по охране окружающей среды США (1993 г.), а также в 5 американских и немецких учебниках, написанных мировыми авторитетами в области биологической очистки: М. Хенце, М. ван Лу-сдrecht, Дж. Екама и др. Эта работа, в частности, позволила сделать важный вывод, что

Что такое методика «ручного» расчета

В мировой практике такие методики именуются обычно Design Manual или Design Guide и представляют собой полный набор формул, таблиц, графиков и пр., с оговоренной последовательностью их применения, позволяющей провести расчет процесса с использованием калькулятора или простого программного обеспечения типа расчетных таблиц Excel.

Отличие математических моделей от методик ручного расчета заключается не только в гораздо большем у моделей количестве уравнений, подробно описывающих процесс, но еще и в том, что эти уравнения существенно сложнее. Модели могут рассчитывать материальный баланс процессов, а также описывать неравномерность процессов в пространстве (по длине аэротенка) и во времени, что требует использования сложных математических вычислений, недоступных для расчета вручную.

В настоящее время мы можем рекомендовать для очистных сооружений производительностью более 20–50 тыс. м³/сутки выполнять расчеты с использованием современных расчетных программ, привлекая для этого организации, специалисты которых хорошо владеют данными программами.

стандарт ATV-DVWK A131, несмотря на кажущуюся эмпиричность, прочно основывается на базовых кинетических уравнениях, описывающих процессы, позволяя при этом обойти весьма сложный для расчетов учет массы бактерий-нитрификаторов, корректно заменив его расчетом минимально достаточного для их развития возраста ила. На основе этого был сделан вывод о целесообразности разработки методики «ручного» расчета на основе уравнений ATV-DVWK A 131E применительно к российским условиям.

Анализ многочисленных проектных и предпроектных решений, выполняемых авторами в рамках проводимых экспертиз, позволил выявить ряд проблем, лежащих вне собственно системы расчета аэротенков [9]. К ним, прежде всего, относятся:

Методики «ручного» расчета более подходят для расчета сооружений на предпроектной стадии, при экспертизах, а также при меньшей производительности объектов, проектируемых для потоков сточной воды, которых еще не существует, например, от строящихся микрорайонов, при решении эксплуатационных задач.

Разграничение вызвано тем, что основной сложностью применения математических моделей, кроме весьма и весьма важного фактора наличия как самих моделей (лицензированных!), так и квалифицированных специалистов, является необходимость использования аналитических данных о сточных водах, не входящих в стандартный набор производственного контроля и требующих специального отбора проб и анализа по нестандартным методикам. Это делает использование математических моделей, как и любого из высокопрофессиональных инструментов, весьма дорогостоящим делом.

Подчеркнем, что обучение специалистов в высших учебных заведениях, а также поствузовское образование, может производиться только на базе методик для «ручных» расчетов. Математические модели являются продолжением и развитием этих методик, без их знания невозможно их хорошее понимание.

- произвольное назначение исходных данных для расчета (например, по максимальным значениям притока и максимальным величинам концентраций загрязнений в поступающей сточной воде),
- манипулирование исходными данными по качеству поступающей сточной воды,
- некорректное применение технологических схем удаления азота и фосфора.

Кроме решения вышеизложенных проблем, весьма важно, чтобы разрабатываемые решения соответствовали новой системе технологического нормирования. С учетом этого авторы пришли к мнению о необходимости разработки не только методики расчета сооружений биологической очистки с удалением азота и фосфора, но подготовки полноценных Методических рекомендаций

по проектированию сооружений биологической очистки с удалением азота и фосфора с использованием аэротенков, обеспечивающих технологические показатели наилучших доступных технологий (МР). Данная работа была закончена в начале 2019 г.

Рекомендательная часть МР в максимально возможной степени учитывает положения отраслевого СП 32.13330-2012, включенные в него по предложению авторов [10], и развивает их. Расчетная часть МР представляет собой синтез положений стандарта ATV-DVWK A 131E, адаптированных и переработанных авторами для применения в условиях новых отечественных требований к технологическим показателям НДТ, ряда зарекомендовавших себя формул старого СНиП 04.03-85, а также блока расчета системы подачи воздуха.

- МР состоят из 6 основных разделов:
- общие сведения о процессах биологической очистки с удалением азота и фосфора,
- общие рекомендации по процедуре технологического проектирования,
- технологические исходные данные для проектирования,
- технологическое проектирование систем предварительной механической очистки, усреднения и первичного отстаивания,
- расчет аэротенков,
- технологическое проектирование вторичных отстойников.

С учетом вышеописанных обстоятельств МР направлены на выполнение требований Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [11] и проекта технологических показателей наилучших доступных технологий. Таким образом, МР являются продолжением технической политики, заложенной при разработке ИТС 10-2015 [12].

МР могут быть использованы при проектировании сооружений биологической очистки городских сточных вод населенных пунктов (поселений и городских округов), рассчитывае-

мых на производительность свыше 100 м³/сутки для очистки от следующих загрязняющих веществ, отнесенных постановлением Правительства РФ к технологически нормируемым показателям (ТНП): взвешенные вещества, БПК₅, азот аммонийный, азот нитратов, азот нитритов, фосфор фосфатов. Также рекомендации применимы к общим показателям азота и фосфора там, где по ним предъявляются требования.

Настоящие рекомендации не рассматривают конструирование и расчет сооружений биологической очистки только от органических загрязнений, не ориентированных на удаление или совместное удаление азота и фосфора. Для этих целей рекомендуется использование формул СНиП 04.03-85.

МР могут быть использованы при проектировании аналогичных сооружений для очистки производственных сточных вод, имеющих схожие с городскими состав и концентрацию загрязняющих веществ. Решение о допустимости использования настоящих рекомендаций для производственных сточных вод может быть принято проектной организацией под ее ответственность.

В настоящее время МР готовятся к печати и должны быть доступны для проектировщиков во II квартале текущего года¹. В качестве приложения к ним выполнены примеры расчетов сооружений биологической очистки, а также иного использования методики.

В 2019–2020 гг. планируется разработка второй, расширенной редакции, которая должна включить разделы:

- конструирование аэротенков, в том числе в условиях реконструкции,
- применение технологий ацидофикации,
- поддержание щелочности воды,
- применение селекторов,
- реализация процесса в циклических (SBR) реакторах,
- использование носителей биомассы,
- использование основного оборудования,
- применение математических моделей,
- контроль и технологическое управление процессами.

¹ Дополнительная информация по запросу: ndt@vodexp.com.

Краткое содержание Методических рекомендаций по проектированию сооружений биологической очистки с удалением азота и фосфора с использованием аэротенков, обеспечивающих технологические показатели наилучших доступных технологий

Раздел 1. Общие сведения о процессах биологической очистки с удалением азота и фосфора

Рассмотрены процессы биологической очистки, производимые в резервуарах с активным илом (аэротенках), с последующим седиментационным илоразделением (во вторичных отстойниках). Они включают себя нитри-денитрификацию, биологическое и химическое удаление фосфора. Также рассмотрены процессы первичного осветления сточных вод во взаимосвязи с биологической очисткой.

Дано краткое описание основных понятий, приемов, технологических схем, необходимое для их применения при разработке проектов.

Из процессов нитри-денитрификации описаны модифицированный процесс Лудзака-Эттингера (МЛЭ), ступенчатый, «карусельный», периодический и симультанный процессы. Из процессов биологического удаления азота и фосфора: А²/О-процесс, Йоханнесбургский (JNB) процесс (Johannesburg process) и его модификации, процессы УСТ и МУСТ. Особое внимание обращено на особенности применения этих процессов для достижения различных уровней требований НДТ.

В описании процессов, происходящих во вторичных отстойниках, особое внимание уделено их применению в условиях использования максимальной дозы ила в иловой смеси. В классической отечественной технологии биологической очистки использование регенерации активного ила позволяло использовать достаточно небольшие значения дозы ила в аэротенке, назначать их вне увязки с параметрами вторичных отстойников и не рассчитывать глубину зоны уплотнения в них.

В отечественной практике проектирования при расчете вторичных отстойников использовалась глубина его проточной части. Общая глубина отстойника, учитывающая, в том числе, зону уплотнения осадка, как правило, не рассчитывалась, а принималась исходя из высотной схемы и характеристик типовых конструкции отстойников, имеющих заданное значение глубины. Если для обычных конструкций вторичных отстойников, работавших при низких дозах ила, такой подход был допустим, то при работе с высокими дозами ила значение зоны уплотнения весьма велико, и она должна быть рассчитана.

При работе в технологии биологического удаления азота и фосфора к вторичному отстойнику предъявляются гораздо более жесткие требования. Он должен быть рассчитан на максимальную дозу ила, которая может быть удержана при обеспечении заданной концентрации взвешенных веществ в очищенной воде, а также обеспечена в аэротенке в результате применения целесообразных величин коэффициента рециркуляции и при соблюдении времени уплотнения осевшего ила, не приводящего к выработанной денитрификации и высвобождению фосфатов. Очевидно, что все эти задачи противоречат друг другу, что делает расчет отстойников более сложным, чем в схемах с полной биологической очисткой.

Отсутствие расчета зоны уплотнения особенно критично при применении так называемых полочных отстойников. В результате интенсификации процесса осаждения в отстойной зоне поверхностные нагрузки для таких отстойников принимаются выше, так же как правило, принимаются и более высокие дозы ила. В результате площадь поверхности отстойника, и, следовательно, объем зоны уплотнения сокращается, а необходимая концентрация возвратного ила для получения высоких доз ила в аэротенке возрастает. Неправильно рассчитанная (назначенная) зона уплотнения при эксплуатации занимает часть зоны стесненного осаждения, что приводит к увеличению выноса ила, иногда многократно выше расчетного.

Раздел 2. «Общие рекомендации по подготовке к технологическому проектированию»

Даны рекомендации по трем основным блокам:

1. Определение проектных показателей качества очистки на основании требований нового экологического законодательства (исходя из мощности очистных сооружений, категории водного объекта и других факторов).
2. Определение исходных данных сточных вод.
3. Выработка принципиальных решений по технологической схеме и базовым техническим решениям.

В подразделе «Разработка принципиальной технологической схемы и базовых технических решений» изложена четкая последовательность совершаемых при этом действий. В том числе, приведены общие рекомендации по техническим решениям для различных диапазонов мощности сооружений, подробно описаны рекомендации по целесообразности применения первичного осветления, использованию доочистки (третичной очистки), выбору гидравлического и аэрационного режима биореактора.

Даны рекомендации по выбору технологической схемы биодифосфотации для 4-х рассматриваемых процессов, описанных в разделе 1.

В рекомендациях по использованию первичного осветления и конкретных технологических процессов биологической очистки с удалением азота и фосфора очень большое значение имеет соотношение БПК₅/общий азот. В рекомендациях выбор расчетной эффективности первичного отстаивания ориентирован на получение их оптимального соотношения, для чего добавлен расчет концентраций общего азота и БПК₅ после первичных отстойников при известном удалении взвешенных веществ.

Раздел 3. «Технологические исходные данные для проектирования сооружений биологической очистки»

В его основу получения таких данных положены следующие основные постулаты:

- тщательный анализ фактических данных за 3 последних года эксплуатации,

- использование так называемых релевантных (адекватных решаемой задаче) значений исходных данных,
- использование нагрузок по загрязняющим веществам (в кг/сутки) как базовых исходных данных.

Понятие релевантных исходных данных, введенное в 2012 г. в СП32.13330-2012 [2] с учетом рекомендаций ATV-DVWK A131, чрезвычайно важно. Оно получило в настоящих МР дополнительное развитие. Это понятие подразумевает, что для расчета отдельных сооружений с учетом их технологических особенностей (время пребывания, гидравлический режим), а также отдельных параметров сооружений может использоваться различный массив исходных данных, например, относящийся к различным периодам года, либо имеющий различную статистическую обеспеченность. Это обусловлено тем, что внешние факторы, влияющие на работу ОС (приток, массы загрязнений, температура и др.), оказывают разное воздействие на различные параметры процесса, что вынуждает по-разному определять критически важные значения этих факторов.

В целом МР оперируют 7 различными релевантными расчетными значениями расхода сточных вод и 3 значениями их температуры.

Важно обратить внимание, что первичными исходными данными являются именно массы загрязнений. Этот подход, предписанный СП 32.13330-2012, противопоставлен традиционному и менее корректному способу представления, когда используются расчетный приток сточных вод и расчетные концентрации загрязняющих веществ. Проблема традиционного подхода в том, что эти расчетные величины не соответствуют друг другу, т. к. максимальные расходы чаще всего формируются в ситуациях с дополнительным притоком в систему канализации (в том числе и раздельную) ливневых и талых вод, соответственно, в этот период концентрации загрязнений ниже. На практике часто встречается одновременное использование высоких значений притока и концентраций, что приводит к завышению нагрузки на ОС на 30–50 % относительно фактической. Оперирование величинами суточных масс загрязняющих веществ (произведение суточного притока на измеренные в этот день концентрации загрязнений) позволяет избежать этой ошибки.

Даны детальные указания по порядку определения релевантных исходных данных для двух принципиально различных ситуаций:

- наличие потока сточных вод, для которого имеются достаточные данные по притокам и загрязненности,

- отсутствие такого потока, либо данных.

В том числе, даны рекомендации по критическому анализу исходных данных, в том числе по концентрациям загрязняющих веществ, выявлению на их основе проблем в состоянии сети и работы с абонентами, по использованию автоматических пробоотборников для получения наиболее достоверных данных, по учету возвратных потоков от сооружений обработки осадка.

РАЗДЕЛ 4. «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ, УСРЕДНЕНИЯ И ПЕРВИЧНОГО ОТСТАИВАНИЯ»

Приведены рекомендации по проектированию этих сооружений в части, существенной для последующей биологической очистки. Они даны как вспомогательные к базовым рекомендациям СП 32.13330-2012 и указаниям производителей соответствующего оборудования.

Приведены уравнения, позволяющие рассчитывать концентрации в осветленной сточной воде значений БПК₅, общего азота и общего фосфора для любых значений входящей и выходящей концентраций взвешенных веществ.

Разделы 5 и 6 содержат алгоритм расчетов аэротенков и вторичных отстойников

Методические рекомендации, в отличие от ATV-DVWK A131, учитывают двухстадийность процесса нитрификации (окисление аммония до нитрита и нитрита до нитрата) и позволяют рассчитывать сооружения по отдельным кинетическим уравнениям на достижение заданной концентрации не только аммонийного азота, но и нитритов.

Основным отличием новой методики в части расчёта процесса нитрификации является учет двух стадий процесса с отдельным кинетическим описанием для каждой стадии. Предложен набор кинетических коэффициентов, наиболее соответствующих диапазону концентраций аммонийного азота и азота нитритов в очищенной воде, требуемых согласно ИТС 10-2015. На основании их применения представлен алгоритм определения необходимого возраста ила и разработаны таблицы для сочетаний возможных значений температуры и вариантов концентраций аммонийного и нитритного азота, требуемых ТП НДТ.

Расчёт осуществляется в следующей последовательности вычислений, приведенной в таблице (включает все иные технологические расчеты по основной линии очистки сточных вод).

Таблица. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

| Шаг расчета | Рассчитываемый (назначаемый) параметр | Основа для расчета | Внесенные при разработке МР изменения и дополнения |
|-------------------------------------|---|--|--|
| 1. Предварительные процедуры | | | |
| 1.1 | Оценка возвратных потоков по расходу и массовой нагрузке, в % | Разработанная таблица с рекомендуемыми данными | Оригинальная, на основе усредненных эмпирических данных и стехиометрических соотношений. |
| 1.2 | Расчет масс (концентраций) загрязняющих веществ с учетом возвратных потоков | Формулы массового баланса | |

| Шаг расчета | Рассчитываемый (назначаемый) параметр | Основа для расчета | Внесенные при разработке МР изменения и дополнения |
|--|--|---|--|
| 1.3. | Расчет первичных отстойников | Положения СНиП 04.03-85 | Использование релевантных значений расчетного расхода аналогичных принятому при расчете азротенков. Наличие и эффективность отстаивания увязаны с величиной соотношения БПК ₅ /общий азот. Добавлены формулы для расчета БПК ₅ , общего азота и фосфора в осветленной СВ |
| 1.4. | Назначение илового индекса | Рекомендации ATV-DVWK A131 | |
| 1.5. | Выбор конструктивных параметров системы илоразделения, расчетной дозы ила в биореакторе, в возвратном иле и степени рециркуляции | Эмпирические и балансовые формулы ATV-DVWK A131 | Система расчета по A131 заменена выполненной по ней таблицей. Расширен набор коэффициентов, учитывающих влияние системы илоудаления во вторичном отстойнике |
| 2. Расчет биореактора (азротенка) | | | |
| 2.1 | Расчет минимального аэробного возраста активного ила | Кинетические формулы ATV-DVWK A131. Результаты собственных камеральных исследований (обобщение литературных данных и обоснование коэффициентов) | Введен расчет нитрификации с учетом двух фаз процесса с возможностью расчета значений аммонийного азота и азота нитритов на любые значения и готовыми значениями возрастов ила для применяемых ТП НДТ. Для возможных значений температуры и вариантов концентраций аммонийного и нитритного азота, требуемых ТП НДТ. Введен учет использования автоматической системы поддержания концентрации растворенного кислорода при определении значения коэффициента |
| 2.2 | Расчет количества нитратов, которое необходимо удалить в процессе денитрификации | Формула массового баланса по ATV-DVWK A131 | Вид формулы упрощен |
| 2.3 | Определение необходимой пропорции объема денитрификации к объему биологического реактора и общего возраста активного ила | Формула массово-кинетического баланса по ATV-DVWK A131 | В формулу введен коэффициент, учитывающий влияние легко окисляемой органики при избытке органических веществ для денитрификации $f\left(\frac{N}{C}\right)$ и дана таблица для его определения. Добавлены уравнения, учитывающие при расчете специфику процессов JNB и МУСТ |
| 2.4 | Расчет сооружений и процессов для удаления фосфора | Балансовые формулы ATV-DVWK A131 СП 32.13330.2012 | Даны расчетные параметры для 4-х рассматриваемых процессов биодефосфотации. Уточнено использование повышающих коэффициентов по дозе реагента, рекомендованных СП 32.13330.2012 |
| 2.5 | Расчет прироста избыточного ила | Эмпирическая формула ATV-DVWK A131, основанная на учете возраста ила | С учетом исключения негативного влияния паводка уточнен период времени, за который определяются релевантные значения нагрузок по загрязняющим веществам для расчета прироста ила. Учтены особенности определения общего возраста ила для процессов A ² O и JNB. Введена таблица величин удельного прироста, выполненная по расчетной формуле для наиболее употребительных интервалов исходных данных |

| Шаг расчета | Рассчитываемый (назначаемый) параметр | Основа для расчета | Внесенные при разработке МР изменения и дополнения |
|-------------|---|--|--|
| 2.6 | Расчет объемов биореактора | Формулы ATV-DVWK A131, на основе поддержания необходимого минимального возраста ила с учетом расчетного прироста избыточного ила | Дополнено алгоритмом расчета для двух- и трехступенчатых процессов нитри-денитрификации |
| 2.7 | Расчет рецикла денитрификации, или времени цикла | Формулы массового баланса по ATV-DVWK A131 | |
| 2.8 | Расчет потребности в кислороде | Балансово-эмпирические формулы по ATV-DVWK A131 | Дополнены значения коэффициентов пиковых нагрузок по потреблению кислорода |
| 2.9 | Расчет количества воздуха, которое необходимо подавать в аэротенк | Балансово-эмпирические формулы по [13–15] | Приведен развернутый расчет необходимого количества воздуха на основе понятий АОТЕ (с использованием и факторов, коэффициента дефицита кислорода, температурной поправки к скорости растворения кислорода, поправки на зависимость от давления) и (с использованием коэффициента остаточного ресурса и коэффициента, учитывающего плотность раскладки аэраторов) |
| 2.10 | Расчет и конструирование аэрационной системы | Оригинальный раздел, с использованием материалов представленных в предыдущем | Алгоритм расчета распределения аэрационной системы по длине аэротенка, на основе определения количества псевдожеек. Рекомендации по выбору системы аэрации. Проверочный расчет подачи воздуха на перемешивание. Учет фактических климатических параметров при расчете воздухоудовок |

3. Расчет вторичных отстойников

| | | | |
|-----|--|--------------------------------------|--|
| 3.1 | Расчет нагрузки на зеркало вторичных отстойников | Эмпирическая формула СНиП 04.03-85 | |
| 3.2 | Определение глубины вторичного отстойника по глубинам функциональных зон | Рекомендации и формулы ATV-DVWK A131 | |

ЛИТЕРАТУРА

- СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР, 1985 (не действуют).
- Свод правил 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Минрегион РФ, Москва, 2011.
- Standard ATV-DVWK-A 131E, Dimensions of Single-Stage Activated Sludge Plants. – 2000.
- Швецов В. Н., Морозова К. М. Расчет сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов. Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 11. С. 42–47.
- Швецов В. Н., Морозова К. М., Степанов С. В. Расчет сооружений биологической очистки городских и производственных сточных вод в аэротенках с удалением биогенных элементов. Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 9. С. 26–44.
- Данилович Д. А., Эпов А. Н. Сравнительный анализ методик расчета сооружений биологической очистки сточных вод с удалением азота Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 4. С. 26–38.
- Данилович Д. А., Эпов А. Н. Как рассчитывать аэротенки с нитри-денитрификацией: выбор методики. «НДТ». № 1. 2018.
- Данилович Д. А., Эпов А. Н. Анализ методик расчета процесса нитри-денитрификации, применяемых в мировой практике, и их развития. Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 3. С. 22–35, № 4. С. 28–40.
- Данилович Д. А. Кризис компетенции в проектировании очистных сооружений канализации: формы, последствия, пути преодоления «НДТ». 2018. № 4. С. 5–16.
- Данилович Д. А. Основные изменения, предлагаемые для внесения в раздел «Очистные сооружения» актуализированной версии СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».
- http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872
- Данилович Д. А. НДТ очистки сточных вод поселений: концепция информационно-технического справочника. «НДТ». 2015. № 3-4. С. 13–17.
- Design Manual Fine Pore Aeration Systems U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development Center for Environmental Research Information Risk Reduction Engineering Laboratory Cincinnati, OH 45268 EP A/625/1-89/023 September 1989.
- Primary, Secondary and Tertiary Treatment. Waste Water Treatment Manuals. Environmental Protection Agency 1997.
- Баженов В.И., Эпов А.Н., Канунникова М.А. Основа управляемых процессов при биологической очистке. Современные пневматические мембранные аэраторы //ВодаMagazine, 2012. № 4 (56). С. 22–28.

Сбербанк предлагает коробочное решение по кредитованию проектов в водоснабжении и водоотведении

В статье обсуждаются перспективы предложенных Сбербанком решений для того, чтобы стать инструментом масштабного, остро необходимого обновления коммунальной инфраструктуры. Рассказано, как региональные власти и рынок восприняли этот сигнал, какие гипотезы банкиров сработали, что является системным тормозом процесса и как его преодолеть.

Предлагаем вниманию читателей обзор, который подготовила руководитель журнала «НДТ» Е.А. Соболевская, на основе дискуссий Общероссийского форума «Частные операторы коммунальной инфраструктуры» и Саммита лидеров рынка инфраструктурных проектов (InfraSummit), состоявшихся в Москве в декабре 2018 г.



Что предложил СБЕРБАНК

В 2017 г. Сбербанк заявил о выводе на рынок коробочных решений по кредитованию концессионных проектов. Стандартное коробочное решение – набор документации для подготовки, сопровождения и финансирования концессионных проектов в различных отраслях, предоставляемый инвесторам для заполнения и дальнейшей подачи частных концессионных инициатив. В его состав входит концессионное соглашение с приложениями, в том числе прямое соглашение, основные условия и шаблон финансовой модели.

В середине того же года появилась первая инфраструктурная «коробка», не удивительно, что в нашей северной стране она была направлена на важнейшую коммунальную отрасль – теплоснабжение. Субъекты России и муниципалитеты, казалось бы, получили удобный инструмент привлечения инвестиций в концессионные проекты. Однако за 1,5 года до стадии принятия решения о финансировании дошло 21 концессионное соглашение, тогда как их количество ожидалось не менее сотни.



Концессия в области теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения

Предлагаемый продукт: Концессия по реконструкции / модернизации систем теплоснабжения, водоснабжения и/или водоотведения

Возможный бюджет проекта: от 150 - 5000 млн руб.

Бюджет проекта формируется за счет:

- ✓ Средств частного инвестора – 30 %
- ✓ Кредитных средств – 70 %

Возврат средств: от сбора платежей за услуги с Потребителей на основании установленных долгосрочных параметров регулирования; для покрытия выпадающих доходов предусматривается субсидия (плата Концедента) и выплачивается в случае недостаточности тарифа. Также возможно предоставление субсидии на инвестиционной стадии (капитальный грант)

Срок концессии: 10 - 30 лет

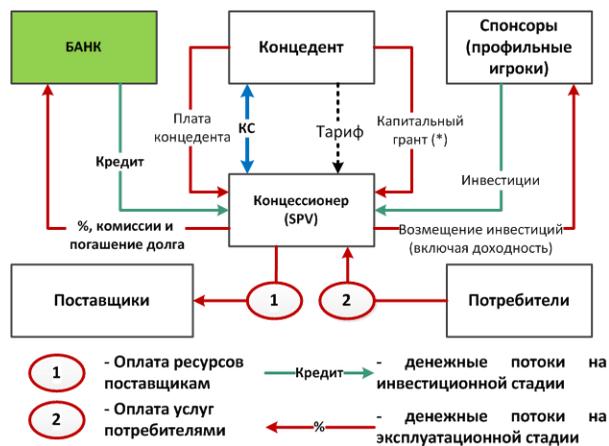
Предложение Сбербанка / его партнеров

Проведение технической, финансовой экспертиз проекта для подтверждения бюджета проекта, его доходной и расходной частей

Подготовка Предложения частного инвестора и сопровождение процедуры заключения соглашения

Предоставление финансирования для реализации Проекта

Реконструкция/модернизация и последующая эксплуатация на всем сроке концессии



(*) - опционально

Как это работает:

1. Средства инициатора проекта и кредитные средства используются для реконструкции/модернизации систем
2. Концессионер осуществляет эксплуатацию объектов
3. Возмещение вложенных инвестиций (собственных и кредитных) происходит за счет двух источников:
 - Концессионер осуществляет сбор платежей за услуги с Потребителей на основании установленного тарифа
 - Концедент выплачивает Концессионеру субсидию в случае недостаточности НВВ для компенсации затрат
4. Передача объектов Концеденту по окончании концессии

В декабре 2018 г. опубликована информация о том, что Сбербанк утвердил коробочные решения по кредитованию концессионных проектов в водоснабжении и водоотведении, а также в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами.

Концессионные соглашения по реконструкции и эксплуатации объектов водоснабжения и водоотведения будут трехсторонними – между юридическим лицом, муниципальным образованием и субъектом РФ. Кредит в соответствии с условиями финансирования концессионных проектов будет предоставляться на срок до 15 лет. Доля средств частного инвестора должна составлять не менее 30 % от бюджета проекта, остальные 70 % – кредитные средства банка. Реализация проекта проводится через специальную проектную компанию (SPV), залогом являются ее акции и права по концессионному соглашению, в таком случае дополнительное внешнее обеспечение не требуется.

КАК СРАБОТАЛА ГИПОТЕЗА, ПОЛОЖЕННАЯ В ОСНОВУ «КОРОБКИ»

По словам управляющего директора Управления инфраструктурного финансирования Виктора Афонина, представлявшего Сбербанк на обоих мероприятиях, гипотеза состояла в том, что отказ от нижней планки объемов кредитования и набор готовых документов существенно стимулируют концессионный процесс, упростят масштабирование.

Практика показала, что гипотеза оправдалась лишь отчасти. Так, преследуя цель снять проблему компетенций (как среди концедентов, так и инвесторов) банк предложил формат соглашения, порождающий объемный документ (более 100 страниц, по утверждению концессионера, поработавшего с типовым решением). Используемая банком финмодель направлена не столько на экономику проекта, сколько преследует цель про-

вести оценку бизнеса. И самое главное – недостаточно учтены требования и публичной стороны, и концессионера, которые существенно отличаются от региона к региону.

Инвесторы, работавшие по коробочным решениям, заявляли, что нет ни одного соглашения, где предложенный банком пакет был подписан в неизменном виде. Масса нюансов, связанных с регионом и муниципалитетом, предысторией и спецификой проекта, земельными отношениями, финансовой моделью и пр. требуют согласования с банком, что вызывает немалые сложности.

Выступавшие практики подчеркнули, что на сегодня «коробка» является, скорее, не типовым решением, а «входом» в банк, перечнем основных требований кредитной организации к концессионному соглашению.

СИСТЕМНАЯ ПРОБЛЕМА

Ключевым фактором, тормозящим широкое распространение предложенного инструмента, является подход Сбербанка к распределению рисков по обязательствам участников процесса. Банк все риски переложил на субъекты РФ, являющиеся стороной концессионного соглашения. У них возникают расходные обязательства в случае дефолта проекта (расторжение концессионного соглашения), а также при нарушении обязательств по утверждению размера тарифов, предусмотренного соглашением.

В коробочном решении не учтены реалии бюджетного законодательства – утверждают участники дискуссий. Согласно предложенной банком модели субъекты РФ, подписывая соглашения, увеличивают размер условных расходных обязательств, что противоречит позиции Минфина России, направленной на сокращение долга. Субъекты опасаются, что эти обязательства увеличат их общий долг. А ведь это – существенный фактор для подавляющего большинства регионов.

Что нужно, чтобы «КОРОБКА» ЗАРАБОТАЛА?

Итак, теперь в арсенале Сбербанка пять коробочных отраслевых решений: в сфере теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, обращения с твердыми коммунальными отходами, а также образования и гери-

атрии (раздел геронтологии, занимающийся изучением, профилактикой и лечением болезней старческого возраста). За 2018 год уже приняты решения о финансировании 30 сделок на сумму более 12 млрд рублей. В планах на 2019 год – не менее 50 сделок в сфере ГЧП, в том числе не менее 10 млрд рублей – в проектах водоснабжения и водоотведения.

Сбербанк уже публично заявляет, что для максимального учета потребностей субъектов, муниципалитетов и инвесторов возможно использование отличной от рекомендуемой формы концессионной документации, главное, чтобы она соответствовала требованиям законодательства и банка.

На обсуждении в рамках прошедших мероприятий В. Афонин сообщил о существенном упрощении типовой формы и финмодели для проектов в водоснабжении и водоотведении, а также о возможности использования финансовой модели, отличной от банковской. Также представитель Сбербанка проинформировал о том, что с этого года решение о финансировании подобных проектов будет передано в региональные отделения банка.

В процессе дискуссии практиками была высказана идея, что объем соглашения должен определяться сложностью проекта и его рисками. Нужны коробочные решения нескольких уровней, по сложности и детализации.

По мнению специалистов, для решения вопросов с бюджетным процессом требуется разработка методики оценки рисков условных обязательств публичной стороны, и изменение позиции финансового ведомства применительно к данной теме. На региональном уровне выполнение предусмотренных «коробкой» обязательств ведет к необходимости принятия решений по передаче имущества на региональный уровень или принятию нормативно-правовых актов по межбюджетным трансфертам.

Как видим, предстоит сделать немало шагов и принять решений на различных уровнях, чтобы инструмент, предложенный Сбербанком, помог получить банковское финансирование инфраструктурной концессии не только сильным игрокам в регионах-донорах, но и небольшим муниципальным проектам. ●

Роль и задачи систем автоматизации городского водоснабжения в контексте цифровизации

В рамках программы «Цифровая экономика Российской Федерации» важным вопросом является внедрение цифровых технологий в отраслях «критической инфраструктуры», к которым относятся системы водоснабжения и водоотведения (ВиВ). АСУТП являются не только источником данных, но и инструментом интеграции новых возможностей в технологический процесс. Данная статья посвящена смене парадигмы восприятия роли и задач АСУТП водоснабжения, а также изменению структуры построения таких систем.

А.В. Синицын¹,
Е.А. Клебанов²

ООО «Техникон»,
г. Минск,
РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

На современном этапе, мощным трендом мировой экономики является цифровизация всех аспектов человеческой деятельности. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» определяет цели, задачи, направления и сроки реализации основных мер государственной политики по созданию необходимых условий для развития ее в России [1].

В рамках данной программы важным вопросом является внедрение цифровых технологий в отраслях «критической инфраструктуры», к которым относятся: транспорт, связь, инженерные сети, системы энергоснабжения, системы водоснабжения и водоотведения (ВиВ). Основой для внедрения данных технологий является наличие объективных и оперативных данных о ходе технологического процесса ВиВ в единой базе данных системы управления. Основным источником этих данных являются автоматизированные системы управления водоснабжением и водоотведением. АСУТП ВиВ являются не только источником данных, но и инструментом интеграции новых возможностей в технологический процесс.

В ЧЕМ ПОТЕНЦИАЛ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Понятие цифровизации для предприятий водоснабжения многогранно. И, зачастую, под ним понимают внедрение:

- интерактивных систем предоставления информации потребителям;
- систем квартирного учета потребления воды и новых биллинговых систем;
- паспортизации объектов и оборудования;

¹ Синицын Александр Викторович, +37529 272-64-38, a.sinitsyn@technikon.by.

² Клебанов Евгений Аркадьевич, +37529 676-14-15, klebanov@technikon.by.

- геоинформационных систем, оцифровка данных о водопроводных сетях;
- систем диспетчеризации и спутниковых систем слежения за транспортом;
- новых технологий управления персоналом и бизнес процессами.

Эти функции важны, однако они носят вспомогательный и информационный характер по отношению к основному технологическому процессу водоснабжения и водоотведения. При этом оптимизационный потенциал от внедрения цифровых решений в основной технологический процесс огромен, но менее освещен в публикациях. Он может быть реализован за счет усовершенствования АСУТП ВиВ. Внедрение новых технологий автоматического управления принесет наиболее быстрый и прямой экономический эффект, за счет снижения энергопотребления и потерь воды, а также оптимизации эксплуатационных затрат.

Типовая структура АСУТП ВиВ – многоуровневая:

1. полевой уровень, включающий контрольно-измерительные приборы (датчики давления, расходомеры и др.), исполнительные механизмы (насосные агрегаты, задвижки и др.);

2. средний уровень, состоящий из локальных системы управления на базе программируемых логических контроллеров, преобразователей частоты, а также средств сбора и передачи данных;

3. верхний уровень, предназначенный для организации единого централизованного управления системой водоснабжения, построенный на базе SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) систем – программного обеспечения для сбора данных, диспетчеризации и дистанционного управления, и геоинформационных систем (ГИС).

Цифровые технологии подразумевают, в первую очередь, обработку большого объема данных, поступающего от всех объектов, входящих в систему, а также их взаимосвязанное управление, поэтому их реализация должна происходить на верхнем уровне АСУТП.

Анализ показывает, что на сегодняшний день на рынке представлено два различных

класса решений для систем управления городскими системами водоснабжения, а также их гибридные версии. К первому классу можно отнести решения на базе SCADA-систем, ко второму – ГИС.

Решения на базе SCADA представлены на рынке СНГ такими компаниями, как Siemens и Schneider Electric, существуют также и отечественные разработки. Главный недостаток представленных решений – малая технологическая содержательность: данные системы решают задачу диспетчеризации процесса, но не содержат алгоритмов оптимизации ни самих режимов водоснабжения, ни энергетических аспектов работы насосного оборудования. Принятие оптимизационных решений перекладывается на персонал, который в меру своей квалификации и мотивации решает оптимизационную задачу.

Ко второму классу относятся ГИС (например, решения компаний Bentley Systems, Политерм), которые в меньшей степени предназначены для задач диспетчеризации и решают задачу моделирования процесса с целью оптимизации его режимов. Однако проблема использования данного класса продуктов связана с отсутствием корректных данных для создания гидравлической модели водопроводной сети города и последующего проведения моделирования. Такая работа обычно занимает несколько лет и предполагает проведение большого числа измерений в различных точках сети. Кроме этого, созданная гидравлическая модель требует постоянной актуализации по мере проведения модернизации или ремонтов водопроводной сети. В тоже время наличие достоверной гидравлической модели позволит решить проблему оптимизации режимов максимально эффективно.

В последние годы в попытке предложить комплексное и актуальное решение наметилась тенденция создания гибридных продуктов, формируемых как симбиоз вышеуказанных классов. К таким продуктам можно отнести продукт компании Wonderware, а также решение производителя насосного оборудования – компании Flygt Xylem.

В рамках цифровизации SCADA-системы не противопоставляются ГИС, наоборот, их

функционалы должны быть интегрированы друг с другом для достижения максимальной эффективности оптимизации.

Что же касается наиболее распространённых диспетчерских приложений на базе SCADA-продуктов, данные продукты никак не решают задачу оптимизации процесса и в этом смысле являются предыдущим этапом эволюционного развития систем управления водоснабжением, несмотря на продолжающийся устойчивый спрос со стороны водоканалов.

Рассмотрим более подробно изменения, происходящие на верхнем уровне АСУТП водоснабжения в процессе внедрения цифровых технологий.

С ростом вычислительных возможностей систем, внедрением новых алгоритмов управления, а также увеличением объема передаваемых данных происходит изменение восприятия роли и задачи АСУТП водоснабжения. На рис. 1 представлено сравнение традиционного (диспетчеризация на базе SCADA-системы, *слева*) с современным пониманием роли АСУТП (*справа*).

Основные аспекты изменения понимания АСУТП связаны со следующими факторами:

- переосмыслением роли и значения человека в процессе управления;
- изменением методов автоматического управления;
- повышением качества моделирования и прогнозирования развития технологического процесса водоснабжения;

- изменением величины экономического потенциала от внедрения АСУТП.

Ранее автоматизация подразумевала простую передачу информации на диспетчерский пункт и получение команд телеуправления от диспетчера. Сейчас поток информации и количество объектов существенно возрастает, и АСУТП уже должна проводить интеллектуальный анализ данных, чтобы предоставить диспетчеру не просто информацию, а результат ее обработки, содержащий рекомендации и предупреждения. Традиционно автоматизация рассматривалась как средство облегчения труда персонала, сейчас она рассматривается уже как средство минимизации человеческого фактора и система поддержки принятия решений. Таким образом, *значение человека в процессе управления снижается*.

Изменение методов автоматического управления связано с переходом от автоматического поддержания определенных параметров (давления, расхода, уровня) с помощью типовых регуляторов – например, ПИД, к цифровым методам управления. Они базируются на методах «мягких вычислений» (soft computing), применяемых для решения задач в условиях неопределенности, недостаточной точности исходных параметров или математической модели объекта в целом. Методы «мягких вычислений» объединяют такие классы алгоритмов, как: нечеткая логика, нейронные сети, генетические алгоритмы и др. При создании гибридных интеллектуальных систем данные области используются в различных комбинациях или по отдельности, дополняя друг друга.

Рис. 1. Смена парадигмы восприятия роли АСУТП



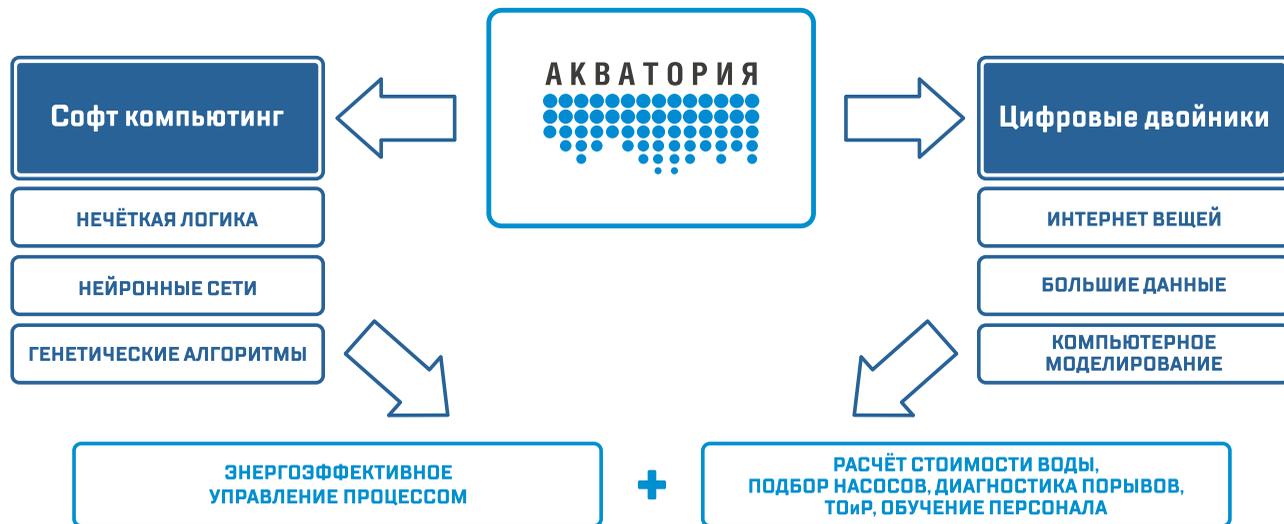


Рис. 2. Современная методология АСУТП водоснабжения (на примере системы «Акватория»)

Руководящим принципом «мягких вычислений» является: «терпимость к неточности, неопределенности и частичной истинности для достижения удобства управления, устойчивости, низкой стоимости решения и лучшего согласия с реальностью» [2]. Этот принцип как нельзя лучше подходит для управления процессами водоснабжения, поскольку провести достоверное и прямое математическое моделирование водопроводных сетей города – задача крайне сложная. Данные методы являются компромиссным решением по соотношению результата к затратам. Таким образом происходит процесс перехода от моделирования к адаптивному управлению.

Внедрение цифровых технологий, таких как интернет вещей (IoT), большие данные (big data) в АСУТП, позволяет создавать цифровые двойники объектов (Digital Twin). Цифровым двойником называют виртуальный прототип реального физического процесса или объекта. Это его эмпирическая модель, созданная на основе анализа большого количества фактических процессных данных, полученных от датчиков и оборудования, установленных на объекте. Тем самым происходит изменение методов создания цифровой модели объекта.

Задачи современных АСУТП водоснабжения

Приведем обзор прикладных технологических задач управления процессом, решаемых современными АСУТП водоснабжения на примере системы «Акватория» (рис. 2). Таковыми задачами являются: снижение затрат (за счет снижения энергопотребления насосных станций и потерь воды, оптимизации режимов работы насосного оборудования и системы в целом), а также повышение бесперебойности водоснабжения (за счет диагностики порывов и утечек и состояния насосного оборудования).

Основные оптимизационные задачи, решаемые АСУТП, представлены на рис. 3. Решение задачи оптимизации режимов начинается от потребителя и разделяется на три этапа (направления): «Потребитель» (№ 1 и № 2), «Сети и трубопроводы» (№ 3 и № 4), «Насосные станции и насосы» (№№ 5–7).

Решение задач, представленных на рис. 3, не требует измерения каких-либо специфических параметров на насосных станциях, оно базируется на анализе следующих параметров: входного давления на станции ($P_{вх}$), выходного давления на станции ($P_{вых}$), давления в диктующей точке ($P_{дт}$),

расхода воды, измеренного ($Q_{изм}$) или расчетного ($Q_{расч}$), мощности, потребляемой насосными агрегатами ($N_{нс}$), выходной частоты преобразователя частоты ($F_{пч}$).

1. *Оптимизация давления* у потребителей и обеспечение его поддержания в нормативных границах: переход от расчётных суточных графиков давления к адаптивному управлению фактическим давлением у потребителя с учетом режима водопотребления. Для решения этой задачи необходима динамическая гидромодель в ГИС-системе, на основании которой определяется расположение диктующих точек для данной насосной станции и требуемые границы давления в них. АСУТП осуществляет расчет текущего режима водопотребления и определяет требуемые значения давления на выходе насосной станции исходя из нормативных границ давления у потребителя.

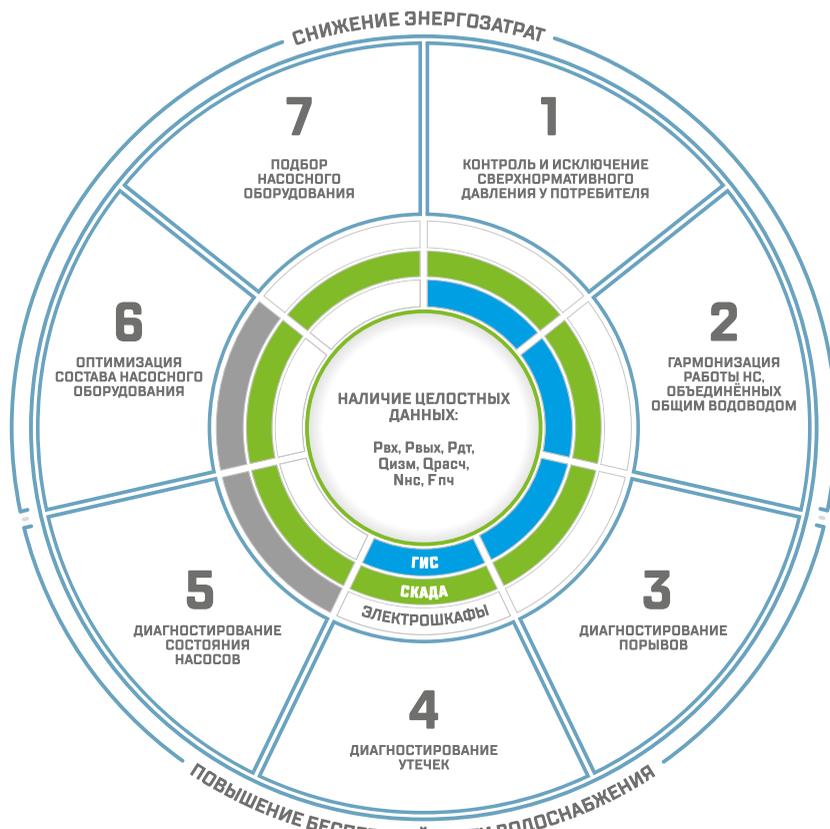
Результатом решения данной задачи является оптимизация энергопотребления на

сосных станций, снижение риска порывов и утечек.

2. *Гармонизация работы нескольких насосных станций*, работающих на общую сеть водоснабжения. Под этой задачей понимается управление группой скважин, работающих на водозаборе на общий сборный водовод. При включении либо выключении любой из скважин параметры гидравлической сети для остальных работающих скважин изменяются, создавая так называемый эффект «передавливания». Это приводит к тому, что изменяются режимы работы скважинных насосов, и суммарная эффективность системы может уменьшаться. Задача заключается в регулировании режимов работы скважин с помощью преобразователей частоты таким образом, чтобы несмотря на взаимное влияние скважин, суммарная эффективность системы была максимальной.

Поскольку просчитать все возможные комбинации и взаимосвязи при работе боль-

Рис. 3. Основные оптимизационные задачи, решаемые АСУТП



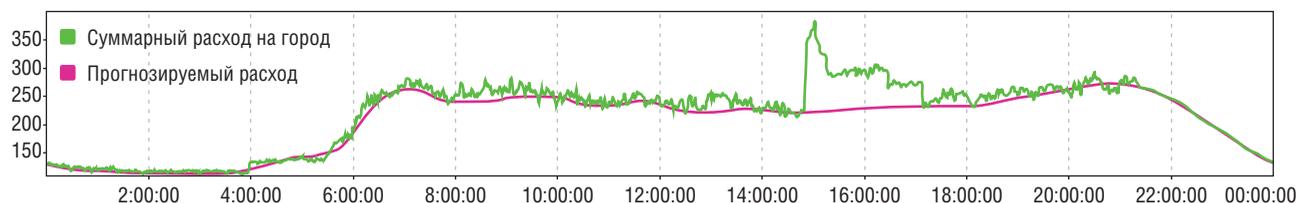


Рис. 4. ПРИМЕР СРАВНЕНИЯ ПРОГНОЗНОГО И ФАКТИЧЕСКОГО РАСХОДА

шой группы скважин невозможно, предлагается использование технологии нечеткой логики.

Нечеткие регуляторы представляют собой регуляторы, построенные на нечеткой логике – наборе нестрогих правил, в которых для достижения поставленной цели могут использоваться радикальные идеи, интуитивные догадки, а также опыт специалистов, накопленный в соответствующей области. Нечеткой логике свойственно отсутствие строгих стандартов. Вместо традиционных значений Истина (1) и Ложь (0) в нечеткой логике используется весь диапазон значений от 0 до 1, дающий оценку степени принадлежности, таким образом, в нечеткой логике возможны ответы Истина, Ложь, Возможно, Иногда. Результатом решения данной задачи является определение оптимального, с точки зрения энергопотребления, состава и режимов работы скважин.

3. Прогнозирование водопотребления и диагностирование порывов. Повышение качества прогнозирования режима водопотребления является основой для решения задачи планирования в городском водоснабжении. Для этого в рамках цифровизации предусматривается использование технологий нейронных сетей. Нейронные сети представляют собой математические модели, а также их программные и аппаратные воплощения, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Они не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные за-

висимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение [3]. В системах водоснабжения и водоотведения нейронные сети применяются для прогнозирования водопотребления или объема стоков.

Нейронные сети используются также для диагностирования порывов в гидравлической сети, где существенное отклонение фактического водопотребления от прогнозного рассматривается системой, как вероятный порыв сети (см. рис. 4). На рисунке показан пример диагностики порыва. Реальный расход (синяя линия) резко возрастает, и разница между ним и прогнозируемым расходом (фиолетовая линия) превышает аварийный порог. Затем после устранения порыва, реальный и прогнозируемый расход снова начинают совпадать. График прогноза на рисунке выводится на три часа вперед относительно текущего времени.

В отличие от статистических методов, прогнозируемое водопотребление формируется не на основании усреднения значений предыдущих периодов, а вычисляется с помощью нейронной сети. Результатом является своевременное сообщение об аварийном событии.

4. Диагностика утечек. Метод базируется на анализе динамики ночных расходов на насосных станциях (см. рис. 5).

У насосных станций, работающих на выделенную водопроводную сеть жилой застройки, ночные расходы минимальны и их рост с течением времени указывает на наличие утечек на сетях.

Данный метод рассчитан на долговременное наблюдение и выявление новых утечек. Он не позволяет определить конкретное место утечки, а лишь предупреждает о ее наличии в данной сети.

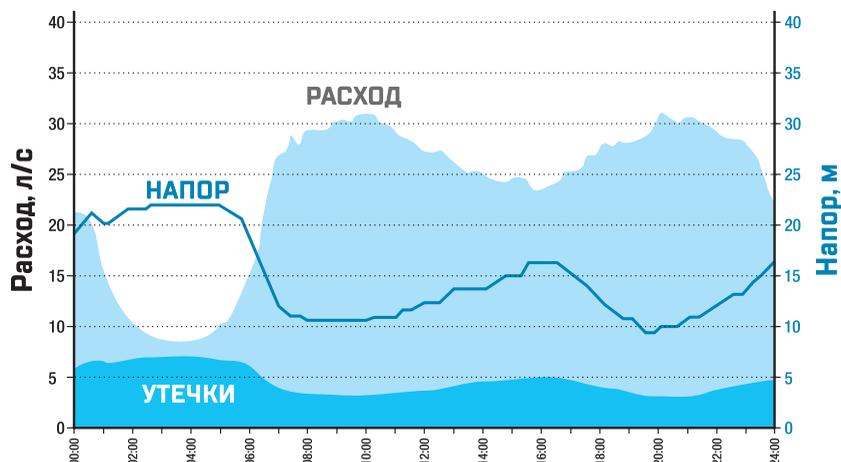


Рис. 5. Доля утечек в ночном расходе станции

5. Диагностика состояния насосов. Определение степени износа на основании замера параметров работы насоса в ходе каждого его пуска при разгоне от преобразователя частоты. Данный метод позволяет определять соответствие насоса своим паспортным значениям.

Для его реализации применяется генетический алгоритм (genetic algorithm) – эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. В данном случае генетический алгоритм выполняет анализ работы насоса в переходных режимах (разгон и торможение) и итерационным образом определяет степень износа насоса или выявляет неработоспособность его обратного клапана. Обычно достаточно 10-15 пусков насоса, чтобы оценить степень его износа.

Результат – выявление неисправностей на ранних стадиях, корректирование расчета расходов с учетом степени износа насосных агрегатов.

6. Оптимизация состава насосного оборудования. Решение по оптимальному управлению группой параллельно работающих насосных агрегатов с одним или несколькими преобразователями частоты. Алгоритмы нечеткой логики позволяют без информации о фактических моделях и параметрах насосных агрегатов определять их требуемое ко-

личество и режим работы для поддержания заданного технологического параметра.

В данном случае нечеткие регуляторы, к примеру, позволяют на основе накопленных и экспертных данных определять в процессе работы зоны, в которых эффективность работы насоса снижается до нецелесообразного для дальнейшей работы уровня и выключать неэффективный насос без сколько-нибудь существенного влияния на качество процесса.

Результат – снижение энергопотребления насосной станции за счет определения оптимального состава и режима работы насосного оборудования.

7. Подбор насосов. Современная АСУТП, имея полные данные о работе насосов, может подобрать оптимальный насос под фактические режимы работы насосной станции. Данная задача решается на основе анализа долговременных режимов расхода и давления на насосной станции и последующего моделирования ее работы с различными моделями насосных агрегатов (см. рис. 6).

Программное обеспечение в виде отчета предоставляет пользователю следующую информацию:

- оценку текущей энергоэффективности работы и режимов работы существующего насосного оборудования;
- оптимальную, с точки зрения энергопотребления, конфигурацию насосного оборудования и режимов работы (модели, характеристики, количество);

- сравнение энергоэффективности насосных групп с разным количеством преобразователей частоты;

- оценку энергосберегающего эффекта от установки новых насосных агрегатов.

На рис. 6 показан скриншот с отчетом модуля подбора насосов. Отчет содержит следующую информацию:

1. Фактические рабочие точки насосной станции (зеленое множество точек), с указанием напорной характеристики существующего насоса (красная линия) и предлагаемых для замены насосов (цветные линии).

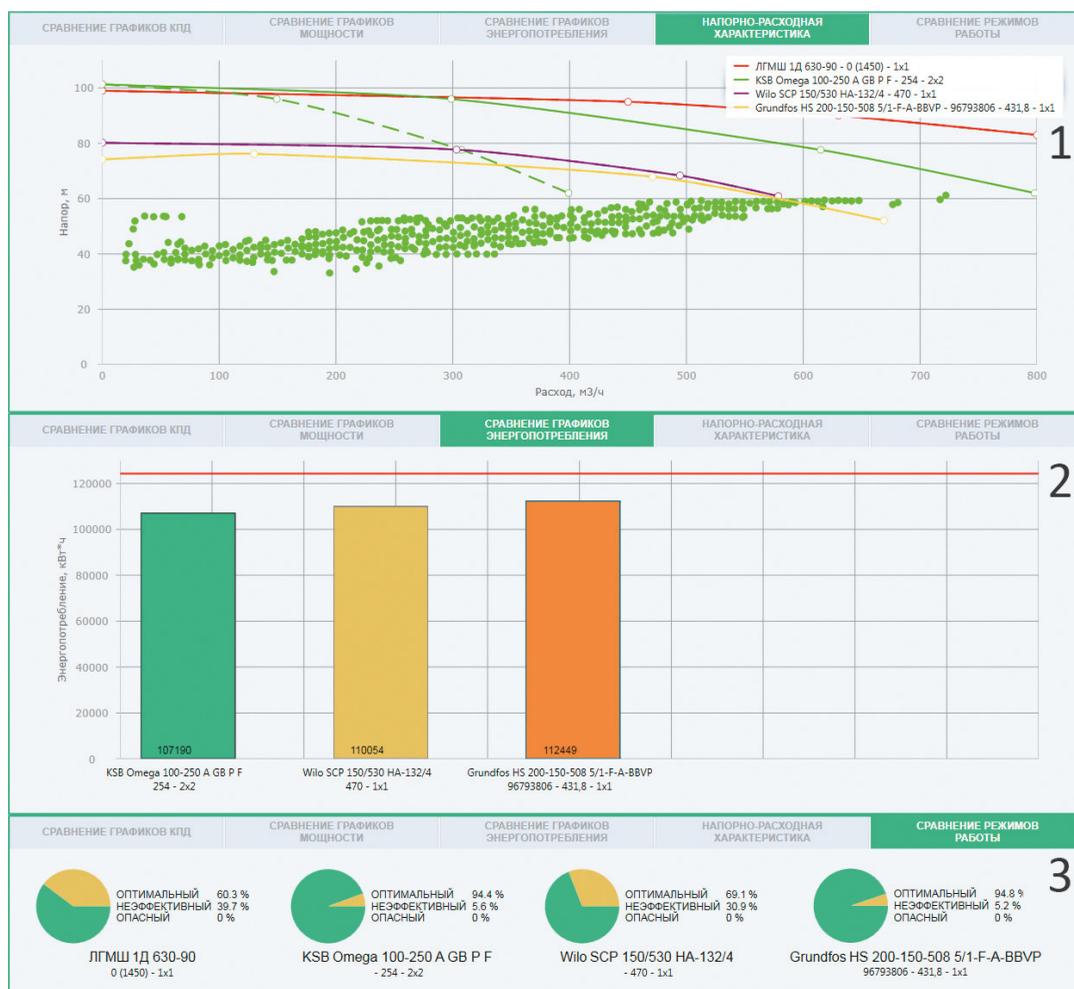
2. Анализ энергопотребления. В форме столбчатой диаграммы показано сравнение текущего энергопотребления насосной станции (красная линия), и расчетного потребле-

ния после замены насосных агрегатов (цветные столбцы).

3. Сравнение технологических режимов работы насосов. На круговых диаграммах показаны технологические режимы существующего насоса и расчетные режимы работы альтернативных вариантов. На диаграммах принято следующее обозначение: «оптимальный» – насос находится в пределах своей рабочей зоны, «опасный» – насос работает правее рабочей зоны с увеличенным расходом, «неэффективный» – насос работает левее рабочей зоны с уменьшенным расходом.

Результат – оценка целесообразности инвестиций в насосное оборудование, подбор оптимальных вариантов замены.

Рис. 6. Скриншот результатов работы модуля подбора насосов



Приведенные прикладные примеры не являются исчерпывающим описанием возможностей новых технологий для автоматического управления водоснабжением, а лишь демонстрируют потенциал повышения эффективности работы системы водоснабжения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрим другое применение новых технологий обработки данных для моделирования объектов системы водоснабжения – создание цифровых двойников. Для всей системы водоснабжения эта задача достаточно сложная, требующая оцифровки огромного количества объектов. А создание цифровых двойников элементов системы – насоса, насосной станции или скважинного водозабора уже возможно.

К основным направлениям использования технологии цифровых двойников в водоснабжении относятся:

- техническое обслуживание и ремонт объектов (ТОиР);
- моделирование режимов работы и расчет затрат;
- обучение персонала.

В задачах ТОиР цифровые технологии позволяют внедрять систему обслуживания оборудования по фактическому состоянию.

Сейчас при эксплуатации оборудования различают три основные стратегии управления его техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР):

- техническое обслуживание по событию (ТОС) или реактивное обслуживание;
- планово-предупредительный ремонт (ППР);
- обслуживание по фактическому состоянию (ОФС).

Наиболее передовым видом ТО является обслуживание по фактическому состоянию. Оно подразумевает устранение отказов оборудования путем интерактивной оценки его технического состояния по совокупности данных поступающих с датчиков и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ. Эффект от использова-

ния данного метода приводит к сокращению эксплуатационных затрат в два раза по сравнению с методом ТОС [4].

Еще одним направлением использования цифровых двойников в водоснабжении является моделирование различных сценариев работы объектов. Например, цифровой двойник водозабора, позволяет просчитать себестоимость воды при различных составах работающих скважин и требуемых объемах добычи воды. В зависимости от степени детализации модели, при расчете себестоимости могут учитываться не только затраты электроэнергии, но и затраты на очистку и подготовку воды.

Преимуществом такого решения является высокая достоверность полученного результата, поскольку в основе создания модели лежат только реальные процессные данные. При этом следует отметить, что актуализация цифрового двойника происходит непрерывно и автоматически по мере поступления новых данных от объекта.

Также цифровой двойник объекта может послужить основой для создания тренажеров, используемых для подготовки диспетчерского персонала. Поскольку он позволяет достоверно симитировать различные аварийные и нештатные ситуации. Для подготовки персонала к работе с реальным оборудованием используется комбинация технологий цифрового двойника и дополненной реальности.

Ключом к решению вышеперечисленных оптимизационных задач, а также внедрению новых цифровых технологий является наличие целостных, синхронных данных о ходе технологического процесса. Для этого на предприятии должна быть реализована информационно-прозрачная среда, обеспечивающая сбор, обработку и хранение данных от оборудования и систем различных производителей. При этом система передачи данных должна обеспечивать их надежную защиту и шифрование, быть устойчивой к кибератакам.

Создание такой среды, длительный и многоэтапный процесс, требующий серьезных структурных и организационно технических решений.

Принципы построения информационно прозрачных систем

Исходя из имеющегося опыта разработки и внедрения АСУТП водоснабжения, предлагаем 5 общих принципов построения информационно прозрачных³ систем:

1. Применение для локальных объектов управления широкодоступных общепромышленных программируемых контроллеров с открытым ПО. Это исключает зависимость от конкретного поставщика оборудования.

2. Использование единого открытого стандартного протокола передачи данных между локальными объектами управления и программным обеспечением верхнего уровня. Это исключает необходимость согласования разнотипных протоколов и типов данных.

3. Использование единых требований, сформулированных в форме технических условий к управлению типовыми локальными объектами. Это исключает покупку дешевых, но не обеспечивающих требований по функциональности, решений.

4. Применение открытого программного обеспечения для организации АРМ специалистов, позволяющего конфигурировать систему без привлечения разработчика.

5. Автоматизация любой части процесса водоснабжения должна завершаться передачей ключевых параметров процесса в центральную базу данных. Это обеспечивает возможность обмена данными между АСУ различных производителей.

Выводы

Подводя итоги, следует отметить, что внедрение цифровых технологий в АСУТП водоснабжения приводит к повышению эффективности работы системы по ряду аспектов.

Снижение затрат на электроэнергию:

- исключение излишнего давления в водопроводной сети за счет поддержания давления у потребителей в нормативных границах с учетом реального водопотребления;

- исключение режимов «передавливания» при параллельной работе насосных станций в целом, так и отдельных насосов на общий водовод;

- подбор оптимального состава насосного оборудования для станций в автоматическом режиме, за счет наличия реальных данных о фактических режимах работы станции.

Снижение потерь воды на утечки:

- снижение нагрузки на водопроводную сеть за счет автоматического поддержания давления у потребителей в пределах норм;

- диагностирование порывов и утечек в водопроводной сети.

Снижение затрат на обслуживание:

- диагностирование возникновения отклонений и предаварийных ситуаций в режимах водоснабжения и работе оборудования станции, за счет методов прогнозирования и статистического анализа;

- сокращение числа низкоквалифицированного дежурного персонала, благодаря автоматическому управлению и диагностике оборудования.

Таким образом, в процессе цифровизации основным источником процессных данных для решения задач на всех уровнях становится АСУТП, а также она обеспечивает получение прямого экономического эффекта от оптимизации технологических режимов работы системы водоснабжения. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р (Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»). – М., Собрание законодательства Российской Федерации от 2017 г., № 32, ст. 5138
2. Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем. Новости искусственно-го интеллекта, 2001. № 2–3. – с. 7–11.
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть
4. <http://www.tehnoinfra.ru/vibrodiagnostika/28.html>

³ Вопросы информационной прозрачности, изменений структуры АСУТП ВиВ будут рассмотрены в последующих публикациях авторов. – *Примеч. ред.*

Показатели оценки состояния систем централизованного водоснабжения при реализации федерального проекта «Чистая вода»



В работе представлены подходы к проведению процедуры оценки состояния систем централизованного водоснабжения для реализации федерального проекта «Чистая вода».

Предложен выбор показателей оценки, основанный на влиянии объектов централизованной системы водоснабжения на качество питьевой воды.

Г.А. Самбурский,
председатель Технического комитета 343 «Качество воды» Росстандарта, зам. исполнительного директора Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, зав. кафедрой Экологической и промышленной безопасности Российского технологического университета МИРЭА

А.М. Погорелый,
канд. техн. наук, доцент, заместитель директора Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова Российского технологического университета МИРЭА

Качество воды централизованного питьевого водоснабжения является темой многочисленных профессиональных и общественных споров, одновременно являясь существенной составляющей качества жизни населения нашей страны. Действующее законодательство содержит необходимые санитарные и технологические требования, формирующие качество воды, тем не менее, несмотря на прекрасную статистику, год от года представляемую Роспотребнадзором в ежегодных Государственных докладах, вода централизованных систем водоснабжения в целом лучше не становится.

Необходимость повышения качества питьевой воды, отмеченная в Послании Президента РФ В.В.Путина к Федеральному собранию РФ в марте 2018 г. [1] делает федеральный проект «Чистая вода» одним из ключевых направлений национального проекта «Экология», реализуемого в рамках майского указа Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития России на период до 2024 года». Согласно паспорту национального проекта «Экология», к 2024 г. показатель обеспечения россиян питьевой водой должен достигнуть 99 %. Данные о мероприятиях и финансировании проекта представлены в [2].

Необходимость оценки состояния систем водоснабжения является первым пунктом паспорта ФП «Чистая вода» [2].

В настоящий момент разрабатывается алгоритм технической оценки общего состо-

яния централизованного водоснабжения, определяются фактическое техническое состояние объектов водоснабжения и технико-экономическая эффективность объектов централизованной системы холодного водоснабжения.

Анализ состояния системы централизованного питьевого водоснабжения базируется на информации о составляющих процесса водоснабжения, включая объекты, функциональные особенности и критерии оценки, в т. ч. (см. рис. 1):

- водоисточник: данные о соответствии проб водоисточника требованиям санитарного законодательства;
- объекты водоподготовки: данные об используемых технологиях, эксплуатационная документация, аварийность, качество питьевой воды, согласно программе производственного контроля;
- транспортировка: сведения о наличии утвержденных схем водоснабжения и водоотведения, данные амортизационного и (при наличии) фактического износа сетевой инфраструктуры;
- лабораторный контроль: программа контроля, наличие аккредитованной лаборатории, периодичность контроля;
- качество питьевой воды в распределительной сети – согласно программе производственного контроля;
- надежность и бесперебойность работы системы централизованного питьевого водоснабжения (ЦСПВ).

Рис. 1. Оценка качества и безопасности питьевого водоснабжения



Согласно [4] объекты централизованных систем водоснабжения оцениваются в целом, исходя из параметров, представленных в табл. 1.

Водоподготовка

При анализе качества водоисточника необходимо учитывать следующие факторы:

- Соответствие водоисточника требованиям к источникам питьевого водоснабжения [5, 6].
 - Наличие утвержденного проекта зоны санитарной охраны (ЗСО) водоисточника и выполнения соответствующих мероприятий, согласно требованиям к поясам ЗСО [7].
 - Наличие замечаний Роспотребнадзора к режимам ЗСО, характер имеющихся замечаний.
 - Наличие программы контроля качества водного источника, согласованной с Роспотребнадзором.
- При анализе объектов водоподготовки необходимо, исходя из типа и качества используемого водного источника, последовательно определить:
- соответствие функционирования водозабора проектным требованиям [3]
 - возможность оптимизации стадийности процесса водоподготовки в целях обеспечения качества питьевой воды

Для поверхностных водных источников основными стадиями процесса водоподготовки, как правило, являются осветление, фильтрация, обеззараживание.

Учитывая то, что осветление является лимитирующим по времени и возможностям процессом, влияющим на работу скорых фильтров [15–17] и на химизацию воды при обеззараживании [22], предлагается в рамках оценки состояния ЦСПВ анализировать сведения о качестве воды после процесса осветления перед скорыми фильтрами. Это позволит оценить возможность совершенствования процесса за счет применения соответствующих реагентов.

По станциям водоподготовки в ходе оценки будут собираться данные.

Для станций, работающих на поверхностных источниках:

- полный расход воды, обеспечиваемый станцией водоподготовки;
- расход воды на собственные нужды;
- повторное использование промывной воды;
- неравномерность водоразбора потребителями;
- наличие технологического регламента работы сооружений водоподготовки, включая контроль после стадий обработки воды;
- наличие/отсутствие стадии первичного хлорирования;

Таблица 1. ПАРАМЕТРЫ И КРИТЕРИИ ОБЪЕКТОВ ЦСПВ

| Оцениваемые параметры | Используемые для оценки данные |
|--|--|
| Проектные и фактические характеристики сооружения водоподготовки | Дефицит (профицит) производственных мощностей, полезный объем резервуарного парка |
| Технические характеристики сооружений. Соответствие применяемых технологических решений требованиям к качеству питьевой воды | Необходимо оценивать во взаимосвязи с учетом состояния источника водоснабжения и его сезонных изменений |
| Оптимальность эксплуатационных характеристик | Оценка объектов системы (сооружений водозабора, водоподготовки, насосных станций и водопроводной сети) |
| Удельное количество повреждений, в т. ч. аварий и технологических нарушений | Для аварий – шт./км водопроводной сети, дополнительно можно использовать данные по продолжительности перерывов водоснабжения |
| Качество питьевой воды | Соответствие требованиям на выходе с водопроводных станций и в распределительной водопроводной сети |
| Износ трубопроводов и других, недоступных для осмотра сооружений | По срокам службы: как соотношение фактически прослуженного времени к средненормативному сроку службы ¹⁾ |

- тип реагента, используемого для обеззараживания воды перед подачей в распределительную сеть;

- качество воды после стадии осветления;
- качество воды после стадии обеззараживания, перед подачей в распределительную сеть [8].

Для станций, работающих на подземных источниках:

- полный расход воды станцией водоподготовки;

- расход воды на собственные нужды;
- повторное использование промывной воды;

- неравномерность водоразбора потребителями;

- качество воды водоисточника (см. выше);

- стадии технологического процесса водоподготовки и их соответствие качеству воды водного источника;

- качество воды перед подачей в распределительную сеть [8].

ТРАНСПОРТИРОВКА

При оценке систем транспортировки следует учитывать:

- долю проб воды в сети, не соответствующую нормативным требованиям [8];

- амортизационный износ трубопроводов;
- амортизационный износ силового и насосного оборудования;

- количество аварий на сетях;
- фактические данные об износе трубопроводных систем.

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ

Необходимо представление данных:

- наличие согласованной программы контроля качества ПВ ЦСПВ [10];;

- данные о лаборатории, обеспечивающей проведение соответствующих анализов качества ПВ ЦСПВ [11];

- наличие комплекта документации, согласно требованиям [8,9] на используемые реагенты.

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И НАДЕЖНОСТЬ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ

Необходимо учитывать:

- данные о качестве питьевой воды у потребителей (в точке передачи ответственности ресурсоснабжающей организации);

- надежность и бесперебойность работы ЦСПВ;

- доступность ПВ в отсутствие ЦСПВ для населения (нецентрализованные системы, привозная вода).

Питьевая вода централизованных систем водоснабжения должна соответствовать требованиям, предъявляемым к качеству [8]. Дополнительно необходимо учитывать аспекты, связанные с риск-ориентированным подходом к реализации мероприятий повышения качества питьевой воды. Суть данного подхода связана с необходимостью соответствия предлагаемых мероприятий референтным дозам загрязняющих веществ для питьевой воды, которые определяются, исходя из [22]. А предполагаемые мероприятия должны формироваться, исходя из приоритетов по повышению качества воды, т.е. исходя из предельных сроков потребления воды ненадежного качества населением. В работах [12–14] показаны предельные сроки реализации мероприятий, основанные на рисках для здоровья по ряду типовых загрязнителей питьевой воды. Выбор приоритетов в части повышения качества питьевой воды не может быть сделан по аналогии с тем, как это в настоящий момент осуществляется в области очистки сточных вод – на основе технико-экономических компромиссов (принцип технологического нормирования, рис. 2). Ведь в таком случае не соблюдается главный критерий – безопасность питьевого водоснабжения.

Важным аспектом, формирующим качество питьевого водоснабжения, является возможность обнаружения соответствующих загрязнителей. В табл. 2 представлены варианты классификации рисков для здоровья населения за счет процессов водоподготовки. Более подробно данный подход рассмотрен в работах [12–14]. Табл. 3 иллюстрирует риски ошибок при обнаружении



Рис. 2. Принципы выбора приоритетов для оценки состояния систем водоснабжения

загрязнителей в питьевой воде, которые являются следствием учета погрешности метода обнаружения по конкретным показателям (особенно велики в условиях малых концентраций определяемого показателя). Обращаем внимание на то, что помимо погрешности самого измерения [23] корректное определение должно учитывать ошибку выборки (отбора проб). В [24] рассмотрены принципы оценки, на основании которых в настоящей статье представлены примеры, иллюстрирующие возможности выполнения измерений и интерпретации результатов.

Пример 1. Без учета ошибки выборки

Пусть δ – это допустимая погрешность измерения. Согласно действующему законодательству допускается для i загрязнителя концентрация:

$$C_i = \text{ПДК} + \delta C_i, \text{ так что } C \leq \text{ПДК}/(1 - \delta)$$

Концентрация (C) загрязняющего вещества в воде, таким образом, может превы-

шать предельно допустимую концентрацию (ПДК), хотя не более чем на установленную погрешность измерений (δ).

Норма погрешности при применении составляющей синтетических полиэлектролитов (флокулянтов) на основе акриламида $\delta = 60\%$ (или в долях 0,6), следовательно, $C \leq 2,5\text{ПДК}$.

Пример 2. С учетом ошибки выборки

Пусть δ – это допустимая погрешность измерения. Принимаем во внимание ошибку выборки δ_v с учетом анализа среднеквадратичных отклонений при проведении измерений (дисперсии). Формула расчета концентрации:

$$C \leq \text{ПДК}/(1 - \sqrt{\delta_v^2 + \delta^2})$$

Если допустить, например, δ_v (погрешность выборки) $\approx \delta$, то для акриламида $C \leq \text{ПДК}/(1 - \sqrt{0,6^2 + 0,6^2})$, примерно $C \leq 7\text{ПДК}$.

Таблица 2. Классификация рисков для здоровья населения, связанных с водоподготовкой

| Класс риска | Критерии риска за счет воды после водоподготовки | Соблюдение технологического регламента | Качество реагентов, загрузок, материалов | Производственный контроль |
|---------------------|---|---|---|---|
| Низкий | Низкий по уровню коэффициента опасности и индивидуального пожизненного риска | Согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрации веществ в водных вытяжках и экстрактах менее 0,1 ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность менее и на уровне 0,1 ПДК |
| Приемлемый | Приемлемый по уровню коэффициента опасности и индивидуального пожизненного канцерогенного риска | Согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрация веществ в вытяжках и экстрактах менее 0,5 ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность на уровне 0,5 ПДК |
| Неприемлемый | Неприемлемый по коэффициенту опасности и индивидуальному пожизненному канцерогенному риску | Не согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрация в вытяжках и экстрактах на уровне и выше ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность на уровне ПДК |

Таблица 3. Расчетные концентрации измерений для некоторых веществ

| Вещество | ПДК мг/л | Погрешность метода по [23] | Возможная концентрация, мг/л | Возможная погрешность выборки | С учетом погрешности выборки, мг/л |
|-----------|----------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Кадмий | 0,001 | 30 | 0,0014 | 30 | 0,0017 (>1,7*ПДК) |
| Мышьяк | 0,05 | 30 | 0,07 | 30 | 0,087 (>1,7*ПДК) |
| Хлороформ | 0,2 | 30 | 0,286 | 30 | 0,347 (> 1,8*ПДК) |
| Железо | 0,3 | 25 | 0,4 | 25 | 0,46 (>1,5*ПДК) |
| Ртуть | 0,0005 | 50 | 0,001 | 50 | 0,0017 (>3*ПДК) |
| Акриламид | 0,0001 | 60 | 0,00025 | 60 | 0,0007 (7*ПДК) |

Выводы

Процедура оценки состояния систем централизованного водоснабжения должна учитывать влияние каждого объекта, входящего в состав централизованной системы водоснабжения, а также принимать во внимания аспекты риск-ориентированного подхода для выбора решений о дальнейшей модернизации объектов. ●

ЛИТЕРАТУРА:

1. Послание Президента РФ В.В.Путина к Федеральному собранию РФ в марте 2018 г [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения 29.12.2018).

2. Национальный проект «Экология» [Электронный ресурс] URL: http://project.rkomi.ru/system/attachments/uploads/000/125/284/original/НП_Экология.pdf (дата обращения 16.11.2018).

3. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200134702> (дата обращения 16.11.2018).

4. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 5 августа 2014 г. № 437/пр «Об утверждении Требований к проведению технического обследования централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе определение показателей технико-экономического состояния систем водоснабжения и водоотведения, включая показатели физического износа и энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, объектов нецентрализованных систем холодного и горячего водоснабжения, и порядка осуществления мониторинга таких показателей» [Электронный ресурс] URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70636134/> (дата обращения 16.11.2018).

6. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 27.11.1984 № 4013) (ред. от 01.06.1988). [Электронный ресурс] URL: <http://base.garant.ru/3923124/> (дата обращения 16.11.2018).

7. Постановление Главного государственного санитарно-врача РФ от 30.04.2003 № 78 (ред. от 13.07.2017) «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03» (вместе с «ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003 № 4550) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43149/ (дата обращения 16.11.2018).

8. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.03.2002 № 10 «О введении в действие Санитарных правил и норм «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. СанПиН 2.1.4.1110-02» (с изм. от 25.09.2014) (вместе с «СанПиН 2.1.4.1110-02. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. Санитарные правила и нормы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.02.2002) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 24.04.2002 № 3399) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13040/ (дата обращения 16.11.2018).

9. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс] URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294846/4294846957.htm> (дата обращения 16.11.2018).

10. Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 (ред. от 14.06.2018) «О применении санитарных мер в таможенном союзе» (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.08.2018) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101851/ (дата обращения 16.11.2018).

11. Постановление Правительства РФ от 06.01.2015 № 10 «О порядке осуществления производственного контроля качества и безопасности питьевой воды, горячей воды» (вместе с Правилами осуществления производственного контроля качества и безопасности питьевой воды, горячей воды) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173517/ (дата обращения 16.11.2018).

12. Федеральный закон от 28.12.2013 № 412-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 29.10.2018) [Электронный ресурс] URL: (дата обращения 16.11.2018).

13. Самбурский Г.А., Пестов С.М. Технологические и организационные аспекты процессов получения воды питьевого качества / Г. А. Самбурский, С. М. Пестов. – [б. м.] : Издательские решения, 2017. – 184 с. – ISBN№ 978-5-4483-5369-7.

14. Плитман С.И., Беспалько Л.Е., Тулакин А.В., Цыплакова Г.В., Амплеева Г.П. О гигиенической безопасности при внедрении закона «О водоснабжении и водоотведении» / С.И. Плитман и др. // журнал Санитарный врач, 2014, № 3, стр. 10–15.

15. Тулакин А.В., Плитман С.И., Амплеева Г.П. К вопросу о надежности гигиенических нормативов Единых требований Таможенного союза / С.И. Плитман и др. // журнал Санитарный врач, 2014, №11, стр. 57–60.

16. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений (том 1, 2, 3): [том 1] – М.: АСВ, 2003. – 228 с.; [том 2] – М.: АСВ, 2004. – 496 с.; [том 3]. – М.: АСВ, 2004. – 256 с.

17. Рябчиков Б. Е. Современная водоподготовка. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 680 с.

18. Ф.Р. Спеллман Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация. Перевод с английского под ред. М.И. Алексеева. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014 – 1312 с.

19. Методические указания МУ2.1.4.1060-01. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектродитов в практике питьевого водоснабжения» [Электронный ресурс] URL:<http://legalacts.ru/doc/mu-2141060-01-214-pitevajavoda-i-vodosnabzhenie/> (дата обращения 29.12.2018).

20. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения 29.12.2018).

21. Приказ Роспотребнадзора от 28.12.2012 №1204 «Об утверждении критериев существенного ухудшения качества питьевой воды и горячей воды, показателей качества питьевой воды, характеризующих ее безопасность, по которым осуществляется производственный контроль качества питьевой воды, горячей воды и требований к частоте отбора проб воды [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145875/ (дата обращения 29.12.2018).

22. Самбурский Г.А., Пестов С.М. Некоторые вопросы применения коагулянтов для питьевого водоснабжения Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. ISSN № 2072–2710 2016. № 1. С. 49–54.

23. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXR&n=340210#04638957234828842> (дата обращения 29.12.2018).

24. ГОСТ 27384-2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств [Электронный ресурс] URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/11/11306/> (дата обращения 29.12.2018).

25. Ронताल О.М. Риск-ориентированный контроль качества воды. Монография. – М.: Научный мир, 2017. – 268 с. ISBN№ 978-5-91522-440-6.

Журнал продолжает серию публикаций, подготовленных по итогам стресс-сессии «Оценка на соответствие будущему нормированию реализованных и планируемых проектов», которая состоялась в сентябре 2018 г. в рамках Конференции водоканалов России, проведенной Российской ассоциацией водоснабжения и водоотведения в г. Петропавловске-Камчатском.

Представители водоканалов, выступившие в этой сессии, в рамках заявленного формата рассказали не только о достижениях, но и о проблемах модернизации, выслушали замечания и мнения экспертов.

Наиболее интересные материалы докладов мы публикуем в журнальном варианте, снабдив развернутыми технологическими комментариями. В декабрьском номере журнала за 2018 г. в таком формате вышла статья генерального директора МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга Е.А. Буженинова о модернизации Северной аэрационной станции города. Надеемся, что при подобной подаче читатели смогут не только получить информацию о передовом опыте, но и оптимально его использовать.

В этом номере предлагаем вниманию читателей статью специалистов Краевого государственного унитарного предприятия «Камчатский водоканал» о реконструкции КОС «Чавыча». Решения по реконструкции проанализировали два эксперта: директор департамента технологического развития и охраны окружающей среды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» О.Н. Рублевская и эксперт-директор журнала «НДТ» Д.А. Данилович.

Реконструкция КОС «Чавыча» Петропавловска-Камчатского: поэтапно к конечному результату



А.А. Кусый, главный технолог по стокам
Н.П. Матющенко, начальник КОС «Чавыча»
Д.Л. Луговых, главный инженер

ГУП «Камчатский водоканал»

СОСТОЯНИЕ ДО РЕКОНСТРУКЦИИ

Канализационные очистные сооружения «Чавыча» (рис. 1) с классической схемой полной биологической очистки производительностью 50 тыс. м³/сутки построены в 1989 г.

КОС включали в себя следующие сооружения:

- здание решеток (две механизированные решетки РМУ-4б, лотковый ленточный транспортер, молотковые дробилки);

- аэрируемые песколовки (2 секции);

- песковые площадки (2 карты);

- первичные горизонтальные отстойники (4 шт.);

- аэробный стабилизатор;

- блок аэротенки – вторичные отстойники (построены 3 двухкоридорных аэротенка, один из них так и не был введен в эксплуатацию) В аэротенках в 2006 г. установлена мелкопузырчатая система аэрации («Экотон»). При среднесуточном поступающем расходе 20–22 тыс. м³ два аэротенка справляются с очисткой (рис. 2);

- иловые карты (6 шт., общей площадью 2,3 га).

После прохождения цикла полной биологической очистки стоки поступают в контактные резервуары, где в соответствии с проектными решениями должны были обеззараживаться хлором. В связи с тем, что сооружения обеззараживания – хлораторная и контактные резервуары не были достроены, очищенная вода по морскому рассеивающему выпуску сбрасывается в Авачинскую губу без обеззараживания.



Рис. 1.
КОС «Чавыча», мыс
СЕРОГЛАЗКА

Рис. 2. Блок АЭРОТЕНКОВ



ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Стабилизированный осадок должен был поступать в цех обезвоживания и проходить обработку на центрифугах, но в связи с отсутствием финансирования в 90-е годы, цех не был достроен и, после стабилизатора, смесь осадков подавалась на иловые площадки. Среднесуточный объём смеси осадков влажностью 98 % составляет 320 м³.

Существующая схема и состояние сооружений и оборудования не удовлетворяло современным требованиям. В связи с этим в 2010 г. были начаты проектные работы по реконструкции КОС «Чавыча».

РЕАЛИЗОВАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

На первых трех этапах реконструкции КОС создан цех механического обезвоживания осадка, включая его компостирование, реконструированы сооружения грубой механической очистки, песковые площадки, а также установлено оборудование по обработке плавающих веществ первичных отстойников.



ОР¹: Абсолютно обоснованно то, что в качестве первоочередных объектов были определены сооружения механической очистки и обработки осадка. Эффективная механическая очистка является залогом оптимальной работы оборудования на последующих ступенях очистки стоков и обработки осадков за счет предотвращения засоров насосных агрегатов, кальматации аэрационной системы, наматывания волокнистых включений на мешалки и пр.

Отделение решеток подвергнуто комплексной реконструкции (рис. 3). Полностью заменено все старое оборудование, находившееся в аварийном состоянии. Вместо одной ступени решеток установлены две:

- грубой очистки с прозорами 60 мм;
- тонкой очистки с прозорами 5 мм, автоматические ступенчатые типа Rotoscreen.

Снятые с решёток отбросы обрабатываются в шнековом промывочном прессе. Работа отделения полностью автоматизирована (рис. 4).



Рис. 3. РЕКОНСТРУИРОВАННОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РЕШЕТОК

В ходе реконструкции двух существующих аэрируемых песколовок установлена новая система аэрации и гидроэлеваторные установки. Также было принято и реализовано решение о строительстве одной дополнительной песколовки, что вызвано значительным поступлением песка в период снеготаяния (в зимний период дороги городского округа посыпаются песком). Среднесуточный объём задерживаемого песка в весенний период составляет 0,5 м³.



ОР: Предусмотренные проектом ступенчатые решетки с последующей промывкой и прессованием отбросов является оптимальным решением в условиях, когда на очистные сооружения в составе отбросов поступают отходы от переработки рыбной продукции. Отжим отбросов, снятых с решеток – эффективный технологический прием, т.к. обеспечивает дополнительное поступление растворенной органики в сточную воду перед аэротенками, что способствует повышению эффективности биологической очистки.



ДД²: В аналогичных ситуациях рекомендуется решение с двухступенчатыми решетками, при котором грубые решетки предохраняют мелкие.

Удаление плавающих веществ из первичных горизонтальных отстойников осуществляется поворотным лотком и далее – в самотеч-

¹ ОР – здесь и далее: комментарий Ольги Николаевны Рублевской, директора департамента технологического развития и охраны окружающей среды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». – Примеч. ред.

² ДД – здесь и далее: комментарий Дмитрия Александровича Даниловича, эксперт-директора журнала «НДТ». – Примеч. ред.

ном режиме по трубопроводу в прошедшую реконструкцию насосную станцию плавающих веществ, из которой погружными насосами они подаются в здание решеток на сгуститель. Для интенсификации разделения в трубопровод подачи плавающих веществ перед сгустителем вводится рабочий раствор катионного флокулянта. Сгущенные плавающие вещества сбрасываются в контейнер и вывозятся вместе с отбросами с решеток на полигон ТКО. Фильтрат сбрасывается в «голову» сооружений.

Технология обработки плавающих веществ на сгустителе аналогична технологии обезвоживания осадков на фильтр-прессах. Собственно и конструкция сгустителя аналогична конструкции фильтр-пресса.

После сгущения, а точнее обезвоживания, плавающие вещества утилизируются совместно со снятым с решёток мусором на полигон ТКО.

Выделение обработки плавающих веществ сделано в связи с их составом, в основном, это – хозяйственно-бытовой мусор из полимеров (пакеты, палочки от конфет, косметические и пр.), разложение которого совместно с осадками в процессе компостирования невозможно.

ОБРАБОТКА ОСАДКА

Производится на 2-х фильтр-прессах российского производства (НПО «Бифар»), с флокулянтом Праестол (рис. 5 а, б). Дости-



Рис. 4. Автоматические ступенчатые решетки

гается снижение объема с 320 м³/сут сырого осадка до 12 м³/сутки обезвоженного (текущее среднесуточное образование осадка после цеха механического обезвоживания при поступлении на очистку 20–23 тыс. м³/сутки сточных вод).

Обезвоженный осадок влажностью 79–82 % шнековым транспортёром подаётся в смеситель, куда из бункера с «живым дном» (рис. 5 б) подаются опилки, и, кроме того, биологический препарат «Биофорс Компост», после чего смесь вывозится на площадку временного размещения.

Обеззараживание осадка, производится его компостированием. На период реконструкции (строительства помещения компостирования) для целей компостирования

Рис. 5: А – фильтр-прессы с отдельными кинетическими уравнениями, Б – БУНКЕР С «ЖИВЫМ ДНОМ»



ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

выделена одна из иловых площадок, освобождению которой от накопленного осадка способствовал ввод в эксплуатацию цеха механического обезвоживания. Компостирование производится буртованием с периодическим перемешиванием фронтальным погрузчиком.

Впоследствии, с введением в эксплуатацию вновь строящегося помещения компостирования (возводится на месте существующих аэробных стабилизаторов), процесс будет происходить в три фазы – термофильная, мезофильная и стадия подсушки компоста.

Общее время компостирования составляет 12 недель. После прохождения процесса компостирования, компост будет расфасовываться во вновь строящемся цехе фасовки и реализовываться населению.



ОР: Следует отметить правильность включения в первоочередные мероприятия реконструкцию цеха обработки осадка сточных вод. Своевременный вывод из системы очистки образующегося осадка и его обработка с дальнейшей утилизацией – важнейшее условие нормальной эксплуатации любых сооружений биологической очистки, а с удалением азота и фосфора – тем более. Решение по выбору ленточных фильтр-прессов в условиях повышенной нагрузки на КОС по песку является правильным, т.к. они не подвержены абразивному износу. Кроме того, это очень энергоэффективное оборудование, потребляющее незначительное количество электроэнергии.

Обезвоженный осадок сточных вод содержит большое количество веществ, улучшающих плодородие почв. Самым эффективным способом их использования является производство на основе осадка компоста или органоминеральных удобрений.

ковыми вертикальными модулями, установленными в железобетонном канале.

2. Строительство помещения компостирования.

В качестве помещения компостирования принято использование существующего аэробного стабилизатора (2-х коридорное сооружение). Для осуществления процесса компостирования в течение всего года и защиты от атмосферных осадков над емкостным сооружением устраивается павильон. Производительность цеха компостирования 57 м³/сутки – расчетный объем принимаемой компостной смеси после цеха механического обезвоживания. Объем рассчитан по принятой проектной производительности комплекса 38 м³/сутки и максимальному образованию осадков (период прохождения путины).



ДД: Вывод из эксплуатации аэробного стабилизатора – абсолютно правильное решение. По опыту, совместная стабилизация осадка первичных отстойников и избыточного активного ила в реальности на всех объектах превращается в «гноилище», лишь ухудшающее свойства осадка и распространяющее запахи, т.к. нигде в стабилизаторы не подается необходимое количество воздуха. Это связано с ошибкой в «старом» СНиП. Переход от аэробной стабилизации к компостированию – современное решение. Компостирование не только обеспечивает реальную стабилизацию органического вещества осадка, но его полное обеззараживание.

Что касается использования емкости стабилизатора, то, для других подобных объектов рекомендуется также рассматривать включение ее в состав сооружений биологической очистки, если при переводе их на технологию удаления азота и фосфора появляется необходимость в дополнительном объеме аэротенков. С учетом проектного решения по строительству дополнительных объемов биологической очистки такой вариант можно было рассматривать и в данном случае.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ЭТАПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ

Дальнейшие работы по реконструкции в соответствии с разработанным проектом делятся на следующие этапы (см. рис. 6).

1. Строительство отделения обеззараживания очищенных сточных вод.

Станция УФ обеззараживания размещается в отдельном здании, оборудуется лот-

3. Реконструкция насосно-воздуходувной станции.

В состав работ должны войти: реконструкция здания станции, замена насосного оборудования, замена воздуходувного оборудования. Проектом предусматривается установка турбовоздуходувок на бесконтактной опоре без дополнительной системы охлаждения корейской компании «NEUROS»

Рис. 6. Этапы дальнейшей реконструкции

1. Здание УФО
2. Помещение компостирования
3. Реконструкция насосно-воздуходувной станции
4. Реконструкция первичных отстойников
5. КНС
6. Вторичные отстойники
7. Реконструкция блока аэротенков
8. Блок доочистки
9. Цех фасовки компоста



NX-300-C060 с параметрами: производительность – 200,4 м³/мин (12 024 м³/ч); рабочее давление – 61,2 кПа, 200 кВт.



ДД: Воздуходувки этого класса позиционируются как регулируемые (с помощью частотных регуляторов). Однако, поскольку около 90 % напора воздуходувки тратится на преодоление давления столба жидкости, возможности частного регулирования их гораздо меньше, чем насосов. Рекомендуется дополнительно рассмотреть этот вопрос, проведя сравнение затрат жизненного цикла для этого типа оборудования и турбовоздуходувки с механическим регулированием (лопатками с изменяемым углом поворота)³.

4. Реконструкция первичных отстойников и насосной станции песколовки и первичных отстойников.

Кроме капитального ремонта строительных конструкций отстойников и насосной станции, предусматривается замена все-

го насосного оборудования, трубопроводов и ЗРА. Первичные отстойники оборудуются скребковым оборудованием Zickert (донные скребки для сдвигания осадка) и поворотным лотком для удаления плавающих веществ того же производителя. Удаление осадка будет происходить от сигнала концентратомера (Endress+Hauser), установленного в приямке.



ОР: В поступающей сточной воде относительно невысокое содержание легкоокисляемых органических веществ (БПК₅ – 190 мг/л). В ходе осветления сточной воды в первичных отстойниках соотношения БПК:N и БПК:P может стать быть неоптимальным для эффективного протекания процессов денитрификации и дефосфотации (оба эти процесса требуют наличия достаточного количества органики). В связи с этим для эффективной биологической очистки рекомендуется рассмотреть внедрение преферментации (ацидофикации) в первичных отстойниках.

³ Подробнее см. статью Баженова В.И., Березина С.Е., Устюжанина А.В. (ЗАО «Водоснабжение и водоотведение») «Совокупная стоимость владения – экономически обоснованный критерий выбора оборудования и технических решений (на примере сравнения типов воздуходувки)». НДТ. 2014. № 4. С. 57–66. – Примеч. ред.

5. Строительство дополнительного блока аэротенки-вторичные отстойники с глубоким безреагентным удалением азота и фосфора.

Кроме собственно строительства блока в объём работ входит демонтаж существующих иловых карт, на месте которых будет строиться блок.

Вновь строящийся блок биологической очистки состоит из двух четырехкоридорных аэротенков и одного вторичного отстойника. В каждом аэротенке как нового, так и реконструируемого блока биологической очистки будут выделены: анаэробная зона и две пары расположенных последовательно аноксидной и аэробной зон.

Перемешивание иловой смеси в аноксидной зоне производится погружными мешалками, рециркуляция иловой смеси – погружными насосами.

6. Реконструкция существующих блоков аэротенки-первичные отстойники.

Существующие три двухкоридорных аэротенка реконструируются в два трехкоридорных и делятся на зоны, аналогичные вновь строящемуся.

ДД: Учитывая, что внешние стены и внутренние перегородки аэротенков выполняются в соответствии с различными требованиями (первые держат давление жидкости, вторые – лишь сами себя), такое решение выглядит спорным. В двухкоридорном аэротенке также можно расположить необходимые технологические зоны.



7. Строительство блока доочистки.

В качестве блока доочистки используются существующие переоборудуемые контактные резервуары. Доочистка производится на ершовой загрузке.

ОР: С учетом опыта ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» рекомендуем дополнительно проработать дополнения сооружений системой дозирования реагента для стабильного достижения эффекта дефосфатации и обеспечения нормативных требований по фосфору фосфатов. Также возможно внедрение данной ступени как резервной опции на случай особых обстоятельств (ингибирующие факторы, проблемы с оборудованием и т.д.).



ДД: В соответствии с новой системой технологического нормирования сбросов ЦСВП поселений место сброса данных КОС, предположительно, будет отнесено к категории В, что не потребует глубокой дефосфатации для обеспечения нормативов, рассматриваемых как среднегодовые.

С учетом немалого времени, прошедшего после разработки проекта, рекомендуется провести поверочные расчеты, для подтверждения необходимости строительства дополнительного блока такого размера, при реконструкции существующего. По опыту аналогичных объектов, при гидравлической нагрузке на КОС в пределах 4045 % от проектного значения и относительно невысокой загрязненности сточных вод, как правило, существующего объема аэротенков хватает для перевода их на удаление азота и фосфора. Поскольку один из аэротенков не эксплуатируется, можно начать реконструкцию с него, далее реконструировать по одному.



ОР: В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на Юго-Западных очистных сооружениях проводилась апробация пилотной установки по доочистке с ершово-антрацитовыми фильтрами. В результате апробации выявлено значительное количество недостатков данной технологии, а именно: наличие вторичных загрязнений, трудоемкий процесс регенерации загрузки, образование больших объемов промывной воды и др. Также специалистами ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» совместно с экспертами проектного института «Ленгипроинжпроект» и кафедрой водопользования и экологии СПбГАСУ изучен опыт применения ершовой загрузки на КОС других городов России. Установлено, что система промывки ершовой загрузки не позволяет полностью очистить поверхность волокон от прикрепленной микрофлоры. Постепенно слой остаточных загрязнений на поверхности волокон ершовых фильтров увеличивается, со временем задержанный активный ил превращает ершовую загрузку в ком грязи, а регенерация загрузки воздухом не обеспечивает очистку ершовой волокнистой загрузки. При этом внутри волокон ершовой загрузки формируется анаэробная микрофлора, в отфильтрованной воде образуются вторичные загрязнения, включая выделившиеся азот и фосфор, кроме того, из загрузки вымываются вторичные биологические загрязнения – анаэробные простейшие микроорганизмы и черви. Подобная работа фильтров с ершовой загрузкой наблюдалась на очистных сооружениях канализации г. Сочи и г. Великий Новгород.





ОР: На сегодняшний день на рынке существует целый ряд предложений по доочистке сточных вод. По результатам проведенных пилотных испытаний на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» оптимальным решением является применение дисковых фильтров.



ДД: Согласно новой системе технологического нормирования, при нормальной работе вторичных отстойников стадия доочистки для КОС «Чавыча», с высокой степенью вероятности, будет избыточной.

ДД: Оценивая проделанную работу в целом, следует дать ей положительную оценку. Проводимая поэтапная реконструкция осуществляется успешно и по завершению приведет к появлению современных КОС. Хотелось бы обратить внимание на то, что при поэтапной реконструкции сооружений не следует рассматривать решения почти десятилетней давности как что-то незыблемое. Как показывает опыт подобных объектов⁴, технический прогресс не стоит на месте, и то, что виделось правильным некоторое время назад, может не являться оптимальным в настоящее время. Дело не только в смене поколений техники и технологий, но и в наработке опыта применения решений, который не всегда оказывается положительным (пример – доочистка на «ершах»).



АНАЛИЗ
НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ

ДД: Также рекомендуется пересмотр проектных решений в ситуациях, когда переход на новую систему нормирования – на основе технологических показателей наилучших доступных технологий, позволит существенно сократить объем необходимых работ. При разработке проекта настоятельно рекомендуется независимая экспертная оценка ситуации и принимаемых решений. При поэтапном выполнении проекта к ней целесообразно возвращаться неоднократно.



⁴ См., например, статью Е.Л. Буженинова «Модернизация Северной аэрационной станции Екатеринбурга». НДТ. 2018. № 6. С. 10–18. – *Примеч. ред.*

25 лет промышленного внедрения технологий удаления азота и фосфора на московских очистных сооружениях: 20 апробированных технологических решений

Д.А. Данилович,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И МОДЕРНИЗАЦИИ В ЖКХ
Ассоциации «ЖКХ
И ГОРОДСКАЯ СРЕДА»,
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА
«НДТ»

М.Н. Козлов,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
НОВОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИЙ
АО «Мосводоканал»

В этом году стартовала практическая реализация реформы экологического нормирования на основе НДТ. Она нацеливает предприятия ВКХ на модернизацию сооружений биологической очистки с переходом на удаление азота и фосфора, что также предусмотрено федеральным проектом «Оздоровление Волги».

Уместно вспомнить, что в 2019 году исполняется 25 лет с начала промышленного внедрения технологий удаления азота и фосфора на очистных сооружениях Мосводоканала. На 13 различных объектах было успешно апробировано на практике 20 технологических и конструктивных решений по удалению биогенных элементов, из них 10 эксплуатируется в настоящее время на 11 самостоятельных сооружениях общей производительностью свыше 2,6 млн м³/сутки. Важно, что 18 из них относятся к реконструкции существующих сооружений, что особенно актуально на сегодняшний день.

Авторы статьи, принимавшие участие в этой работе с самого начала, подводят промежуточные итоги с предоставлением консолидированной информации.



Блок удаления биогенных элементов, Люберецкие очистные сооружения, Москва. Первые новые крупные очистные сооружения, запроектированные в России по технологии удаления азота и фосфора, на основании собственных разработок и расчетов

Формат статьи не позволяет уделить внимание подробному объяснению сути и деталей использованных технологий¹. В кратком обзоре итоги промышленного внедрения технологий удаления азота и фосфора на очистных сооружениях Мосводоканала сведены в таблицу.

Отметим, что подавляющая часть работ, была возможна только благодаря масштабным научно-практическим исследованиям, выполнявшимся вначале в лабораториях «МосводоканалНИИпроект», а с 1997 г. – в Инженерно-технологическом центре по проблемам канализации (ИТЦ) в «Мосводоканале».

К концу 80-х годов в лаборатории очистки сточных вод института МосводоканалНИИпроект был выполнен ряд исследований по описываемой проблематике. На их основе был разработан первый в СССР проект крупной станции с удалением азота – 2-го блока Ново-Люберецкой станции (НЛБСА-2)², производительностью 500 тыс. м³/сутки, строительство которого было завершено в 1997 году (№ 2 в табл.). Из-за недоступности в СССР мешалок для иловой смеси вод в проект было заложено перемешивание аноксидных зон воздухом через дырчатые трубы. Это, безусловно,

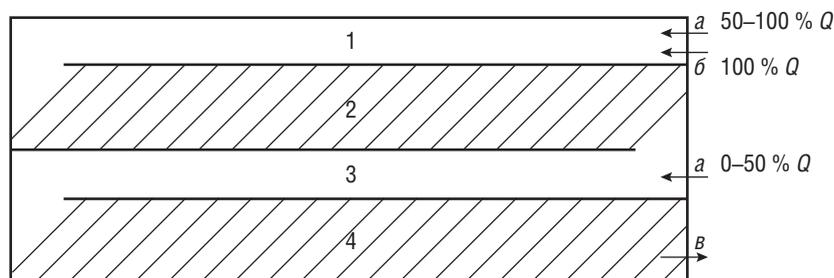


Рис. 1. Схема аэротенка 2-го блока Ново-Люберецкой станции
а – осветленная сточная вода;
б – возвратный ил;
в – очищенная сточная вода;
 ▨ – зона постоянной аэрации;
 1, 3 – зона денитрификации;
 2, 4 – зона нитрификации

¹ Эта информация ранее была изложена в многочисленных публикациях, на которые приведены ссылки. – Примеч. авт.

² Курьяновские и Люберецкие очистные сооружения г. Москвы традиционно назывались станциями аэрации (сокращенно КСА и ЛбСА). В XXI веке они получили официальное название очистных сооружений (сокращенно КОС и ЛОС). – Примеч. авт.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

ТАБЛИЦА. ОБЪЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОБЪЕКТАХ АО «Мосводоканал» (1994–2019 гг.)

| № | Год ввода в эксплуатацию | Разработчик базовой концепции проекта (инжиниринг) | Наименование объекта, | Проектная производительность, тыс. м ³ /сут | Технологическая схема | Гидродинамическая схема процесса нитри-денитрификации | Среднее достигнутое содержание в очищенной воде, мг/л | | | | | Примечания |
|-----|--------------------------|--|---|--|--|---|---|----------------|----------------|-----------------|---|------------|
| | | | | | | | азот аммонийный | азот нитратный | азот нитритный | фосфор фосфатов | нет данных | |
| 1* | 1994 | COWI consalt, Дания | Линия №2 ЭБКО КОС | 40 | БНДФ | Карусельная | 1-2 | Мощ 6 | нет данных | Робч 1 | | |
| 2 | 1997 | ГУП «Мосводоканал/ИПРО-ЕКТ» | НЛОС 2-й блок | 500 | БНД | Коридорная | 0,5 | 1013 | 0,1 | — | Д+Н+Д+Н, без внутреннего рецикла. Перемешивание аноксидных зон воздухом через дырчатые трубы | |
| 3* | 1998 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенки №14-15 (ОПЛ 2-3) ЛОС | 120 (сокращена с 200) | БНД | Коридорная | 0,3 | 8 | 0,04 | — | Д+Н, с внутренним рециклом | |
| 4* | 1999 | COWI consalt, Дания | Аэротенк № 3 КОС | 50 | БНДФ (модифицированная схема Phoredox) | Карусельная | 0,4 | 9 | 0,02 | 0,51,3 | | |
| 5 | 1999 | SHW (Германия) | ОС Южное-Бутово | 80 | БНДФ (процесс SIMBIO) | Карусельная | 0,3 | 4 | 0,02 | 0,6 | | |
| 6 | 2000 | SHW (Германия) | ОС г. Зеленоград | 140 | БНДФ (процесс SIMBIO) | Карусельная | 0,05 | 4,8 | 0,003 | 0,13 | | |
| 7 | 2000 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенк № 15 ЛОС (ОПЛ-3) | 60 | БНДФ (УСТ) | Карусельная | 0,3 | 8,2 | 0,02 | 0,5 | Технологический аналог нового блока биологического удаления фосфора | |
| 8* | 2001 | WTE (Хельгер Вассертехник ГмбХ), Германия | Аэротенк № 13 ЛОС (ОПЛ-1) | 60 (сокращена со 100) | БНДФ (процесс SIMBIO) | Карусельная | 0,4-1 | 4,5-6,6 | 0,05 | 1,0 | | |
| 9* | 2003 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенк № 13 ЛОС (ОПЛ-1) | 60 | БНДФ (УСТ) | Карусельная | 0,5 | 6,9 | 0,02 | 0,7 | Ретехнологизация: исправление ошибок немецкой компании | |
| 10* | 2003 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенк № 14 ЛОС (ОПЛ-2) – реконструкция | 60 | БНДФ (УСТ) | Коридорная | 0,3 | 7,8 | 0,02 | 0,9 | Повторная ретехнологизация: перевод с БНД на БНДФ | |
| 11 | 2006 | МГУП «Мосводоканал» | Блок удаления биогенных элементов (УБЭ) ЛОС | 500 | БНДФ (УСТ) | Карусельная | 0,7 | 10,5 | 0,02 | 0,9 | Технология разработана в 1995–1997 г. | |
| 12* | 2009-2010 | МГУП «Мосводоканал» | Первичные отстойники ЛОС, блок УБЭ ЛОС | 500 | (УСТ) | Карусельная | 0,7 | 7,7 | 0,03 | 0,2 | Ацидификация в первичных отстойниках старой ЛОС для обогащения органикой осветленной воды для блока УБЭ | |
| 13* | 2010 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенк № 14 ЛОС (ОПЛ-2) | 60 | МУСТ | Коридорная | 1,1 | 10,1 | 0,06 | 0,45 | Технологические переключения (без капитальных изменений) | |





| № | Год ввода в эксплуатацию | Разработчик базовой концепции проекта (инжиниринг) | Наименование объекта, | Проектная производительность, тыс. м ³ /сут | Технологическая схема | Гидродинамическая схема процесса нитри-денитрификации | Среднее достигнутое содержание в очищенной воде, мг/л | | | | Примечания |
|--|--------------------------|--|--------------------------------|--|---|---|---|----------------|----------------|-----------------|---|
| | | | | | | | азот аммонийный | азот нитратный | азот нитритный | фосфор фосфатов | |
| 14 | 2010 | МГУП «Мосводоканал» | Аэротенк №13 ЛОС (ОПЛ-1) | 60 | М-МУСТ | Карусельная | 0,35 | 9,2 | 0,02 | 0,2 | Технологические переключения (без капитальных изменений) |
| 15* | 2011–2012 | ОАО «Мосводоканал» | Аэротенк № 14 ЛОС (ОПЛ-2) | 60 | БНДХФ (УСТ) | Коридорная | 0,4 | 10,8 | 0,04 | 0,2 | Опытно-промышленный эксперимент с дозированием FeS13 в линию БНДБФ |
| 16 | 2012 | ОАО «Мосводоканал» | Аэротенк № 14 ЛОС (ОПЛ-2) | 60 | ISAN | Коридорная | 0,25 | 9,5 | 0,02 | 0,15 | Технологические переключения (без капитальных изменений) |
| 17* | 2012 | ОАО «Мосводоканал» | Блок УБЗ ЛОС | 500 | Ацидификация в анаэробной зоне в аэротенках (УСТ) | Карусельная | 0,25 | 9,1 | 0,01 | 0,1 | Изменение режима работы мешалок |
| 18 | 2018 | ОАО «Мосводоканал/ИИПроект» АО «Мосводоканал» | НКОС-1, НКОС-2 | 1200 (сокращена с 2000) | БНДБФ (УСТ) | Коридорная | 0,4 | 11 | 0,05 | 0,3 | После частичного окончания реконструкции (продолжается строительство дополнительных вторичных отстойников). До 2018 г. блоки запускались по схеме БНД |
| 19 | 2015 | АО «Мосводоканал» ИТЦ | ОС пос. Минзаг (ТпНАО, Москва) | 0,5 | БНДХФ/МБР | — | 0,3 | 9,0 | 0,015 | 0,2 | |
| 20 | 2017 | АО «Мосводоканал» ИТЦ | ОС пос. Щапово (ТпНАО, Москва) | 2 | БНДХФ+3Ф+УФМ | — | 0,4 | 9,0 | 0,02 | 0,2 | |
| Находится в эксплуатации на начало 2019 г. | | | | 2602,5 | | | | | | | |
| Из них по технологии БНДФ | | | | 2102,5 | | | | | | | |

* Сооружения, к настоящему времени не эксплуатируемые в данных режимах, либо выведенные из эксплуатации.

Обозначения:

БНД – биологическая очистка с удалением азота,
 БНДФ – биологическая очистка с удалением азота и фосфора (обобщенное определение),
 БНДБФ – очистка с биологическим удалением азота и фосфора,
 БНДХФ – очистка с биологическим удалением азота и химическим удалением фосфора,
 БНДХФФ – очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора,
 МБР – мембранный биореактор,
 ЗФ – зернистые фильтры,
 УФМ – ультрафильтровальные модули



Аэротенки старых Люберецких очистных сооружений, на базе которых в 1998–2001 гг. был реконструирован опытно-промышленный блок (аэротенки №№ 13–15)

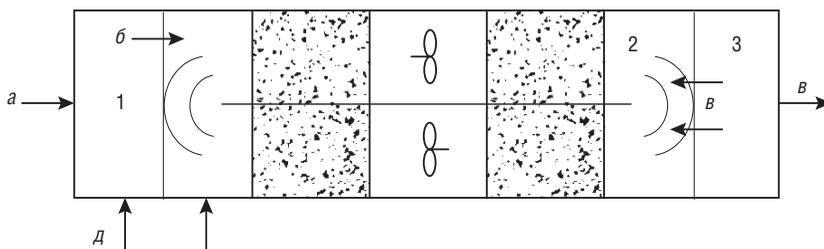
Рис. 2.
Принципиальная схема линии № 1 экспериментального блока комплексной очистки Курьяновской станции аэрации, реконструированная в «карусель» с периодической аэрацией
1 – первичный отстойник;
2 – биореактор;
3 – вторичный отстойник;
А – поступающая сточная вода;
Б – осветленная сточная вода;
В – возвратный ил;
Г – очищенная сточная вода;
Д – реагент для осаждения фосфатов (FeCl₃);
Заштрихованная часть – зона переменной аэрации

не оптимальное решение, но как минимум на 10–12 лет работы блока по удалению азота оно себя оправдывало. Следует обратить внимание, что использование в этом проекте двухступенчатой денитрификации с подачей по 50 % сточной воды в 1-ю и 2-ю аноксидные зоны позволило не только повысить среднюю дозу ила, и, соответственно, его аэробный возраст, но и обойтись без внутреннего рецикла нитрифицированной иловой смеси (весь необходимый рецикл нитратов осуществляется с возвратным илом). Это позволило отказаться от применения насосов внутреннего рецикла (также отсутствовавших в тот период).

К началу 90-х годов, когда НЛБСА-2 еще строился, какой либо практический опыт работы с новыми технологиями удаления азота и фосфора в «Мосводоканале» отсутствовал, а в России в целом только появлялись первые подобные производственные объекты небольшого масштаба на городских сточных водах. В этой ситуации руководством Мосводоканала было принято верное решение: начать работу по этой теме с сотрудничества с зарубежными компаниями. Выбор пал на известную датскую консалтинговую компанию «COWIconsult», эффективно привлекавшую гранты ЕС для передачи передового опыта в страны СНГ.

Так, первым промышленным объектом с удалением азота и фосфора стала реконструкция одной из линий так называемого Экспериментального блока комплексной очистки воды (ЭБКО). Это сооружение было построено на Курьяновской станции аэрации в 70-х годах для отработки, в целях последующего тиражирования по стране, конструктивных решений биологической очистки с использованием горизонтальных первичных и вторичных отстойников, максимально компактно сблокированных с аэротенками. Одна из линий этого блока была реконструирована по проекту, разработанному «COWIconsult» (№ 1 в табл.). В основу этого проекта легло самое популярное в 80-х годах в Северной Европе решение: «карусельная» технология нитри-денитрификации с реагентным удалением фосфора (рис. 2).

Было получено весьма глубокое удаление общего азота и фосфора, однако концентрация аммонийного азота составляла 1–2 мг/л [1]. Это было результатом прямого применения у нас европейских технологических подходов, ори-



ентированных только на удаление общего азота, без внимания к его минеральным формам, контроль которых принят в России. Кроме того, изначально было понятно, что химическое удаление фосфора – путь эффективный, но чрезвычайно затратный: в масштабах Курьяновской и Люберецкой станций аэрации потребность в реагентах исчислялась даже не вагонами, а составами. Это обуславливало наш интерес к развивающейся за рубежом группе технологий с биологическим удалением фосфора путем «жадного» поглощения его активным илом при добавлении к обычным сооружениям нитри-денитрификации анаэробной зоны.

Сейчас трудно в это поверить, но в то время сама возможность биологического удаления фосфора отрицалась рядом авторитетных в этот период специалистов. Потребовались немалые усилия, в том числе организационные, чтобы открыть дорогу для применения этого решения, которое сейчас давно уже воспринимается как общепринятое. Кроме того, также приходилось бороться с мнением, что эти «новомодные» технологии могут быть использованы только на небольших очистных сооружениях, а на столь крупных, как московские, они работать не будут. Последующая практика показала, что все происходит наоборот, на крупных сооружениях новые технологии реализовать гораздо проще.

Кроме вопроса технологии, в этот непростой период развития страны на первом плане был (и остается) и вопрос финансирования. Для его решения Правительство Москвы в 1995 г. приняло решение привлечь к строительству ОС отдаленных районов города ин-

весторов по модели ВООТ (строить-владеть-эксплуатировать-передать). Проведенный конкурс на создание станции в районе Южное Бутово выявил победителя – немецкую компанию Helter Wassertechnik (также известна как – SHW, затем WTE). В течение последующих 5 лет эта компания по примерно одинаковой технологической схеме построила эту станцию, а затем еще одну – в Зеленограде (№№ 5 и 6 в табл.). На обоих объектах была применена технология удаления фосфора, близкая к процессу A^2O , с дополнительным применением реагентов (рис. 3) и удалением азота в процессе, близком к симультанному (одновременная нитри-денитрификация при низкой концентрации растворенного кислорода).

На стадии проектирования сооружений состоялась важная дискуссия. На основании литературных данных мы предостерегали немецких коллег от использования этой технологии на низкоконцентрированных сточных водах, для которых она не подходит, однако, они к этому не прислушались. К сожалению, условия конкурса, сформулированные в 1995 г., в отсутствие необходимого технического и юридического опыта (это был первый проект ВООТ как минимум в сфере ЖКХ России), не предусматривали лимита расхода реагента для удаления фосфора при работе сооружений³), что повлекло за собой значительные дополнительные затраты на реагенты. Ситуация с расходом реагентов на этих станциях несколько улучшилась только по прошествии 10–12 лет, по мере повышения концентрации БПК в поступающей сточной воде. В части удаления БПК, взвеси, соединений азота эти сооружения работали и работают прекрасно.

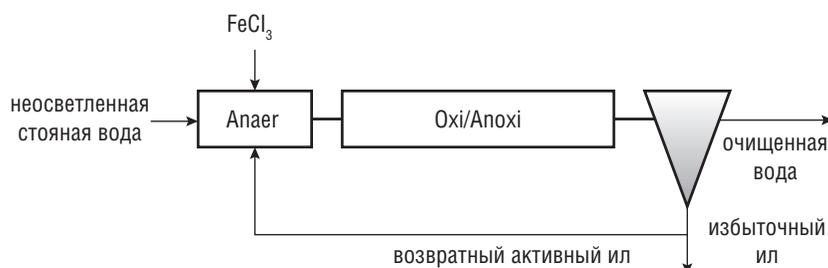


Рис. 3.
СХЕМА ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ НА ОС «ЮЖНОЕ БУТОВО»

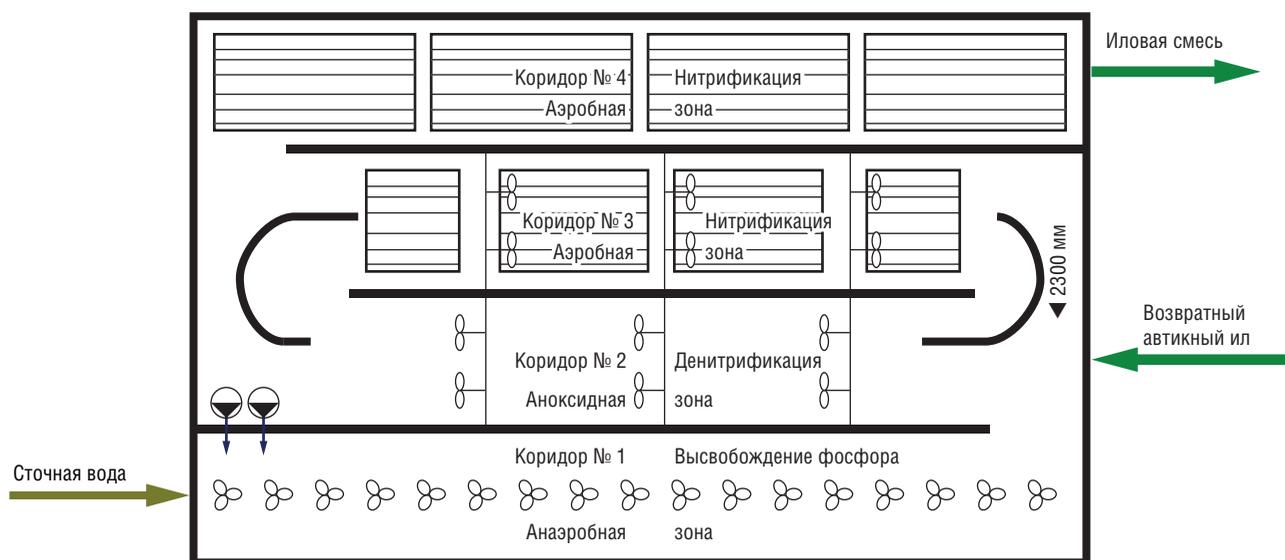
³ Сейчас такой лимит содержится в Справочнике ИТС10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов», табл. 5.21. – Примеч. авт.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

В 1995–1997 гг. сотрудниками «Мосводоканала», включая авторов⁴, были разработаны технические решения по строительству нового блока биологической очистки на Люберецких очистных сооружениях (так называемый блок удаления биогенных элементов, УБЭ, № 11 в табл.). Уже в этих решениях пошли другим путем, нежели нам предлагали датские и немецкие специалисты: в проект был заложен хорошо известный сейчас процесс Кейптаунского университета (УСТ-процесс), технология удаления азота и фосфора, ориентированная на применение именно на низкоконцентрированных сточных водах (рис. 4) и основанная на предварительной денитрификации потока иловой смеси, направляемого в анаэробную зону биореактора. Строительство этого огромного блока (500 тыс. м³/сутки), прерванное экономическим кризисом 1998 г., длилось 9 лет, и было завершено в 2006 г. Его эксплуатация подтвердила принятое решение, обеспечив удаление фосфора фосфатов на уровне не выше 1 мг/л [2].

Понимая, что на скорое завершение огромной стройки надеяться нельзя, а впереди стоит задача реконструкции всех сооружений биологической очистки Москвы, в этот же период времени приступили к проведению беспрецедентно масштабных испытаний новых технологических решений. Начали с самого простого, с процесса нитри-денитрификации. В 1998 г. в рамках капитального ремонта, без специального выделения средств, на основании собственных эскизных решений, без разработки формального проекта была осуществлена реконструкция 2-х из 3-х аэротенков, входивших в состав 3-й очереди старой Люберецкой станции аэрации, имевшей производительность 300 тыс. м³/сутки. Оба этих аэротенка, построенные 30 лет назад, были оснащены мембранными аэраторами, погружными мешалками и насосами и переведены на технологию предвключенной денитрификации (№ 3 в табл., рис. 5). Более того, было решено⁵ разделить эту очередь на 3 самостоятельных опытно-промышленных технологических ли-

Рис. 4. Схематичная компоновка одного из 4-х аэротенков блока УБЭ (НЕ В МАСШТАБЕ, ФАКТИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ОДНОГО АЭРОТЕНКА: ДЛИНА – 297 м, ШИРИНА – 36 м)



⁴ В этом и ряде других проектов 90-х годов важнейшее участие принимал А.Н. Эпов. – *Примеч. авт.*

⁵ Решение о проведении этой работы было принято одним из авторов статьи совместно с начальником Люберецкой станции аэрации Ф.А. Дайнеко не раньше июня 1998 г., а к концу ноября того же года две новых опытных линии уже были запущены. – *Примеч. авт.*

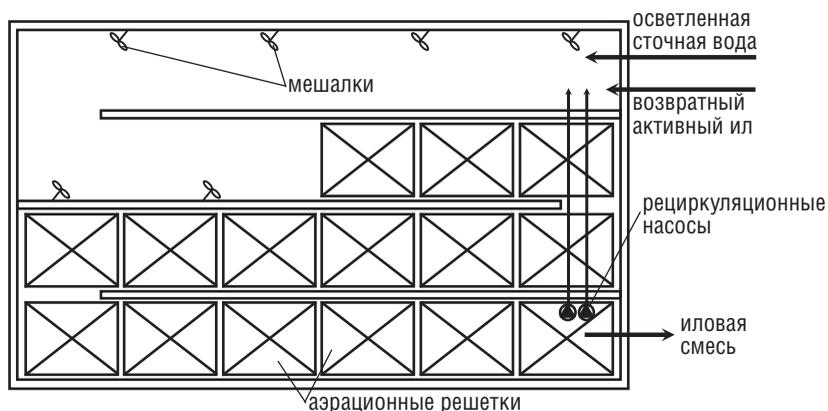
нии (в табл.: ОПЛ-1 – аэротенк 13, ОПЛ-2 – аэротенк 14, ОПЛ-3 – аэротенк 15), со своими вторичными отстойниками и рециклом возвратного ила, что обеспечило Мосводоканал на последующие 20 лет, до настоящего времени, уникальным по масштабу опытно-промышленным полигоном новых технологий, состоящим из трех линий, каждая (по изначальному проекту) – до 100 тыс. м³/сутки⁶. Опыт эксплуатации полностью подтвердил принятые решения, обеспечив не только удаление азота до тех значений, которые сейчас являются технологическими показателями НДТ, но и 1,5-кратное снижение расхода воздуха на аэрацию⁷ [3]. Неоднократно приходится слышать, как дорого и сложно проводить реконструкцию старых сооружений. Этот эпизод в работе Мосводоканала показывает, что это далеко не всегда так. Кстати, затраты на реконструкцию (исходя из номинальной производительности двух линий), включая импортное оборудование для аэрации, перемешивания и рециркуляции иловой смеси, все строительные работы, в том числе по разделению иловых каналов,

не превысили 12 долларов/м³ суточной производительности (это не опечатка!)

Принимая во внимание сложность и масштабность задачи предстоящей реконструкции Курьяновских и Люберецких очистных сооружений, было принято решение об одновременной отработке нескольких вариантов технологических процессов.

Сотрудничество с датскими и немецкими специалистами (которое в целом было весьма позитивным и значительно обогатило наш опыт) продолжалось. В рамках гранта ЕС по проекту COWIconsult в 1999 г. было создано опытное сооружение также на Курьяновских очистных сооружениях (№ 4 в табл., рис. 6). При этом, к сожалению, выделить этот аэротенк в самостоятельную технологическую линию, как на Люберецкой станции аэрации, было технически невозможно. Данная линия была первой, в которой было реализовано биологическое удаление фосфора. При этом, первые два «узких» коридора сооружения работают как «малая» карусель, представляли собой анаэробную зону, в которую поступают сточная вода и возвратный активный ил.

Рис. 5.
Технологическая схема модернизации аэротенка № 14 ЛСА под технологию биологического удаления азота (схема с предвключенной денитрификацией)



⁶ Реконструкция одного или нескольких аэротенков в числе многих, входящих в блок, может не дать ожидаемого результата, как в части биологического удаления фосфора, так и для удаления азота. Для удаления фосфора необходимо наличие достаточного количества фосфатаккумулирующих бактерий (ФАО) в активном иле. Если необходимые условия для жизнедеятельности ФАО созданы только в части взаимосвязанного иловым рециклом объема сооружений, то и биологическая дефосфотация будет протекать только частично. Применительно к нитрификации может возникнуть аналогичная ситуация, если в общей массе активного ила связанного иловым рециклом объема аэротенков величина аэробного возраста ила будет недостаточной для глубокой нитрификации. – *Примеч. авт.*

⁷ Полученное снижение затрат на аэрацию объясняется использованием для окисления углеродсодержащих соединений в аэротенке связанного кислорода нитратов, который в процессах с глубокой нитрификацией теряется с очищенной водой. – *Примеч. авт.*

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

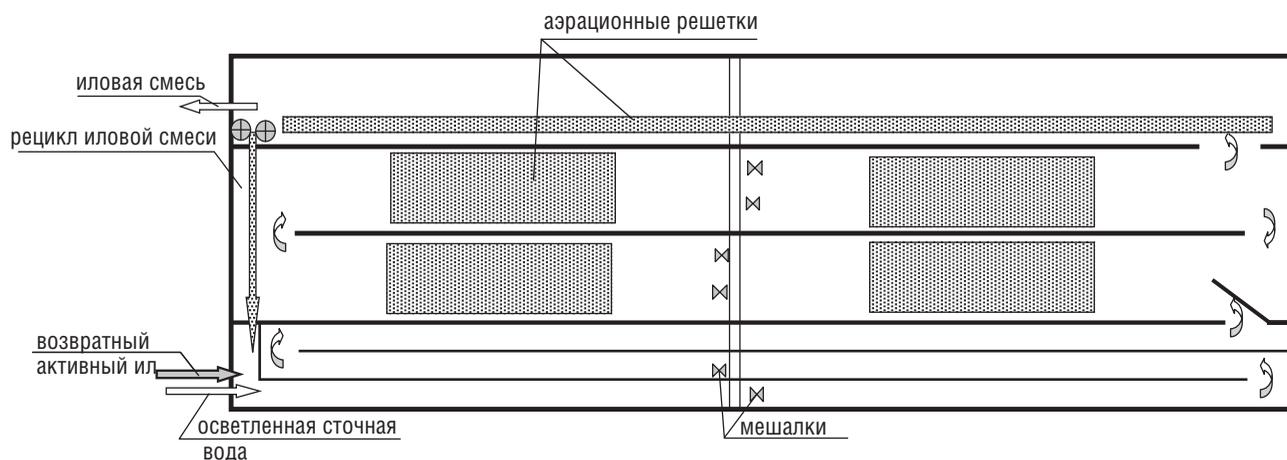


Рис. 6. СХЕМА АЭРОТЕНКА № 3 КУРЬЯНОВСКОЙ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Нитратный рецикл направляется в третий «узкий» коридор, который, в данной схеме, является денитрификатором. Вторая («карусельная») зона образована из 2–3-го коридоров и предназначена для протекания процессов и нитри- и денитрификации за счет регулирования времени работы и количества включенных зон аэрации. Однако, примененная модифицированная схема Phoredox, как по причине неоптимальности для низкоконцентрированного стока, так и из-за работы в общей иловой схеме также не показала удовлетворительного результата по удалению фосфора [4, 5]. Устройство дополнительных перегородок в первом коридоре (на рис. 6 – снизу) также не было признано решением, заслуживающим тиражирования.

Практически одновременно на опытно-промышленном блоке (3-я очередь Люберецкой станции аэрации), разделенном в 1997 г. на 3 самостоятельные линии, началась модернизация с внедрением биотехнологий дефосфотации. Третья линия этой очереди, не подвергшаяся ранее ретехнологизации, была отдана компании SHW (WTE) для реализации «под ключ» процесса SIMBIO, аналогичного работающему в Южном Бутово и Зеленограде (№ 8 в табл.). А на одной из двух ретехнологизированных в 1997 г.

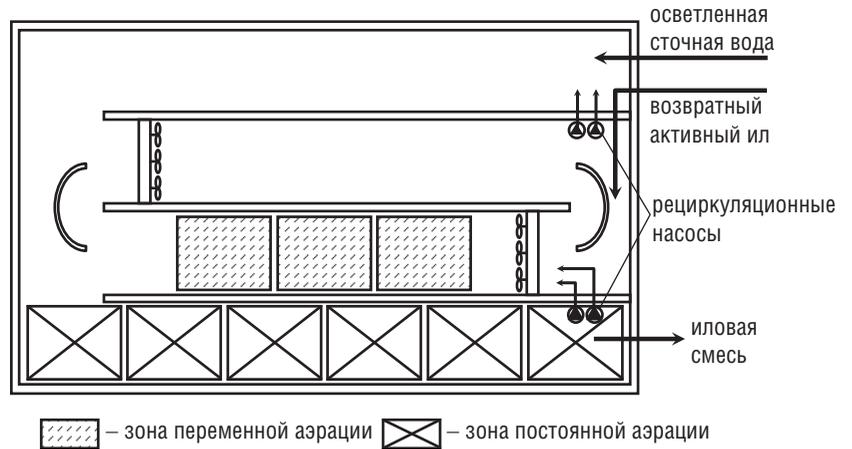
линий (так называемый аэротенк № 15) технология была изменена с дополнением анаэробной зоны и дополнительного («кейптаунского») рецикла⁸ (№ 7 в табл., рис. 7). Важно отметить, что в ходе этой модернизации все ранее смонтированное оборудование было сохранено и частично перемещено.

Проведенные сравнительные испытания показали правильность нашего подхода (фосфор в аэротенке № 15 удалялся до 0,2 мг/л) и гораздо худшее удаление фосфора на линиях, реализованных по зарубежным проектам. Как и ранее, ошибка была в том, что в их технологиях не создавались необходимые условия для развития фосфатаккумулялирующих бактерий (ФАО), т. к. в анаэробные зоны («зоны дефосфотации») поступало с возвратным иловым рециклом слишком много нитратов, а в использованных нами решениях этот недостаток отсутствовал [4, 5].

Таким образом, в 2000–2001 гг. в Мосводоканале убедились, что способны воплощать эти современные технологии не хуже, а лучше, чем зарубежные инженеры, что через несколько лет нашло подтверждение в результатах работы блока УБЭ, запуск которого в 2006 г. стал одним из важнейших событий во всей этой работе.

⁸ Большую роль в этой и большинстве далее выполнявшихся работ принадлежит О. В. Мойжес (Харькина). – Примеч. авт.

Рис. 7. Технологическая схема модернизации аэротенка № 15 ЛЬСА под технологию биологического удаления азота и фосфора (схема УСТ)

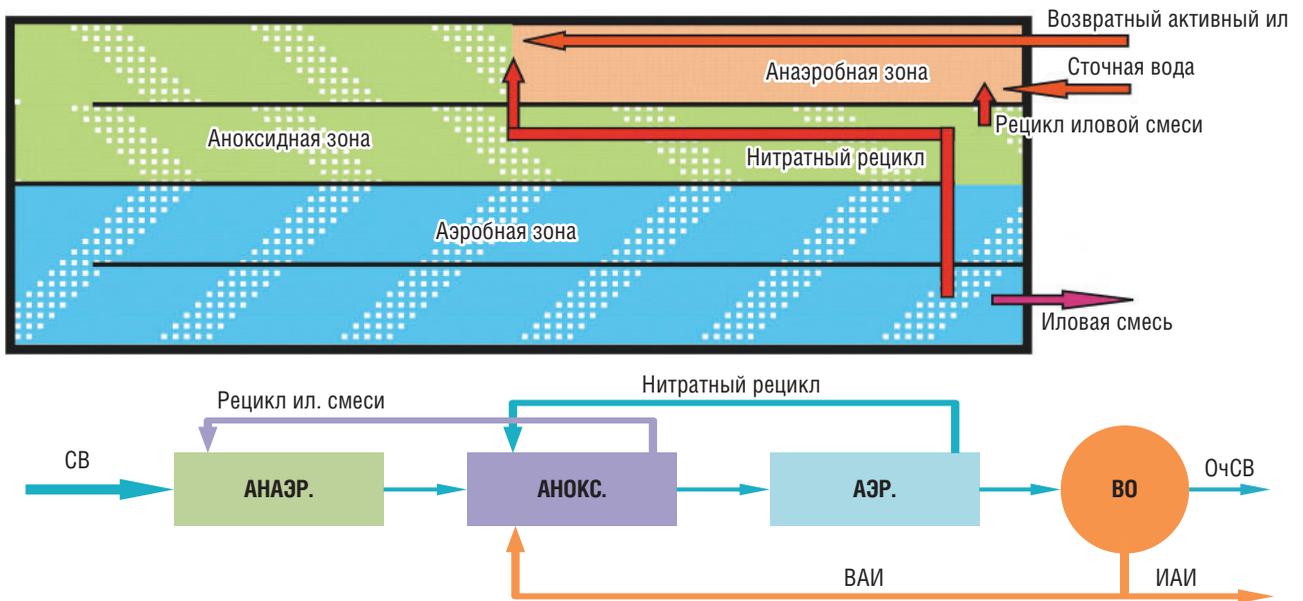


С учетом опыта, полученного в ходе всех предыдущих опытно-промышленных экспериментов, в 2003 г. был также модернизирован второй из аэротенков, ранее переведенных на нитри-денитрификацию. На нем была реализована и успешно отработана технология УСТ, но в другой компоновке (№ 9 в табл., рис. 8), без использования внутреннего «карусельного» потока в зоне нитри-денитрификации⁹, которая впоследствии

ляжет в основу проекта реконструкции Ново-Курьяновских очистных сооружений.

Тогда же, когда были подведены итоги «соревнования» отечественных и немецких инженеров на Люберецких очистных сооружениях, нам пришлось своими силами внести необходимые изменения в «немецкую» линию, после чего удаление фосфора на ней наладилось (№ 10 в табл.).

Рис. 8. Реконструкция типового аэротенка для удаления азота и фосфора с коридорной компоновкой (так называемый аэротенк 14 ЛОС) и схема реализованного УСТ-процесса



⁹ О преимуществах и недостатках данного решения см. источник [2]. – Примеч. авт.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Детали технических решений, заложенных при повторной (в 2003 г.) модернизации опытно-экспериментальных линий на Люберецких очистных сооружениях позволяли далее без каких-либо капитальных реконструкций изменять технологическую схему процесса удаления азота и фосфора с реализацией еще нескольких наиболее перспективных решений, не только известных из мировой практики, но и оригинальных. Такие работы проводились в период 2006–2012 гг. Среди отработанных технологий следует выделить: МУСТ (модернизированный УСТ), М-МУСТ (оригинальное усо-

вершенствование Мосводоканала), а также процесс ISAH Ганноверского университета, (№ 13, 14, 16 в табл., рис. 9, а-в) [6].

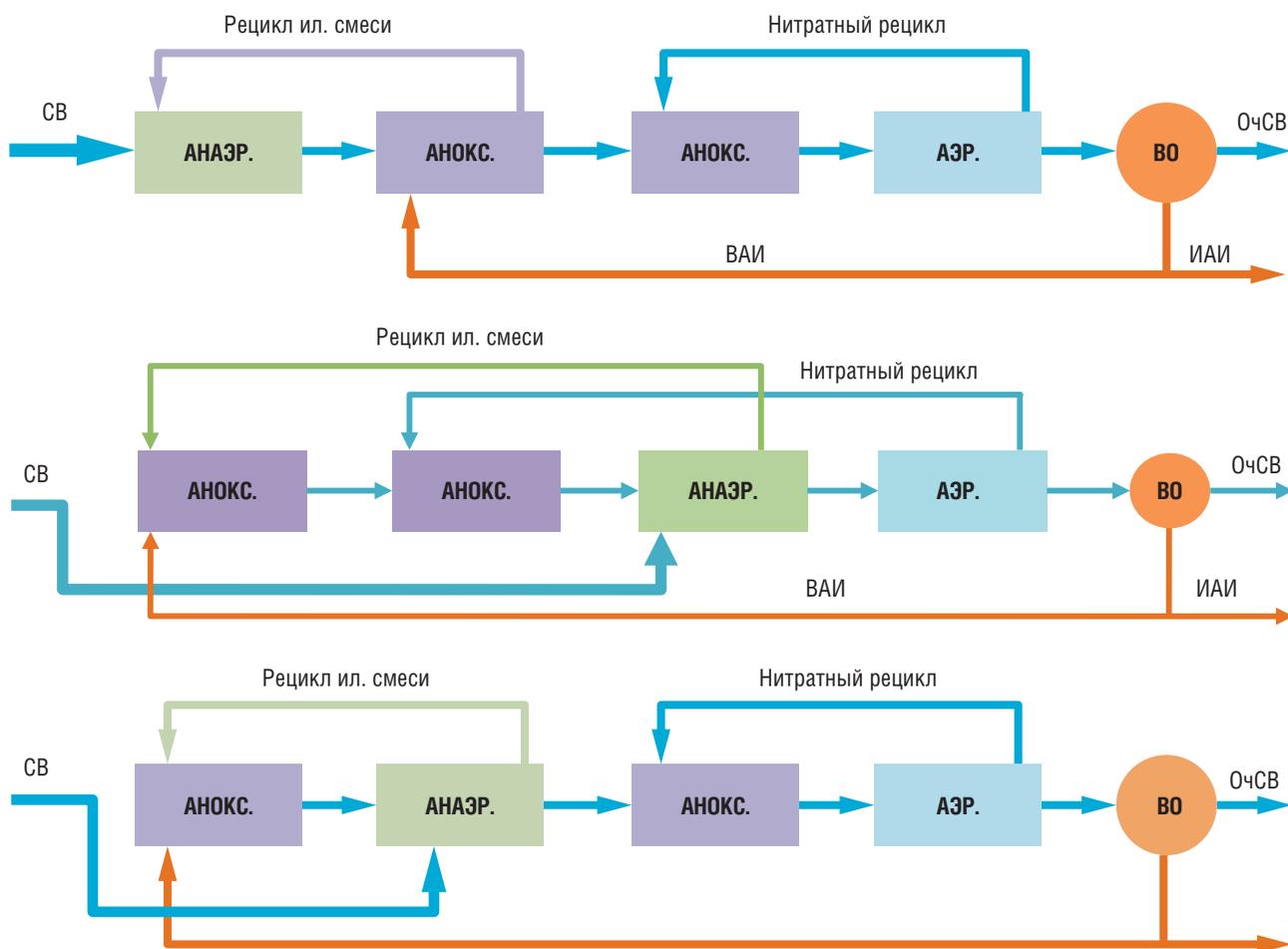
Опыт эксплуатации экспериментальных аэротенков на Люберецких очистных сооружениях позволил убедиться, что ключевым фактором для достижения максимальной эффективности и стабильности технологии биологического удаления фосфора является подбор оптимальных технологических параметров. В то же время было выявлено, что недостаток легкоокисляемого органического вещества в осветленной воде существенно снижает стабильность удаления фосфора.

Рис. 9. Схемы процессов биологического удаления азота и фосфора, дополнительно исследованные на промышленных линиях Люберецких очистных сооружений.

А. СХЕМА МУСТ (АЭРОТЕНК № 14 ЛОС)

Б. СХЕМА М-МУСТ (АЭРОТЕНК № 13 ЛОС)

В. СХЕМА ISAH



Для решения этой проблемы специалистами ИТЦ было предложено использовать технологию ацидофикации (преферментации) осадка первичных отстойников¹⁰. Суть данной технологии заключается в анаэробной обработке первичного осадка или сырой сточной воды, что позволяет перераспределить спектр органических соединений в сточной воде, прошедшей первичное отстаивание, за счет образования летучих жирных кислот в направлении легкоокисляемых. Проведенные эксперименты по изучению ацидофикации показали, что эффективность очистки сточной воды по фосфору при ее применении возрастает до 93–98 %. Процесс ацидофикации был успешно реализован в режиме промышленного эксперимента на Люберецких очистных сооружениях в 2009–2010 гг. (№ 12 в табл.) [7, 8]. Другая версия ацидофикации – непосредственно в 1-ом (анаэробном) коридоре, была испытана на блоке УБЭ в 2012 г. (№ 17 в табл.) [9].

Очевидным вариантом повышения стабильности удаления фосфора из сточных вод, обедненных органическим веществом, является совместное использование биологического удаления фосфора и дополнительного реагентного осаждения. Эта технология с 1999–2000 гг. использовалась на очистных сооружениях Южного Бутова и Зеленограда, правда, с перекосом в сторону химического удаления, по описанным причинам. Другим известным объектом, применяющим такую технологию, являются ЮЗОС Санкт-Петербурга. Однако биологический и химический процессы не всегда «дружат» друг с другом. Для того чтобы ФАО могли развиваться в иле и удалять фосфор, он должен присутствовать в достаточном количестве. Реагентами должен быть удален только тот фосфор, который не удаляется биологическим путем. Для поиска оптимальных решений были проведены сначала лабораторные, а затем и опытно-промышленные исследования (также на опытной линии Люберецких очистных сооружений (№ 15 в табл.), в ходе которых были получены значения концентрации фосфора фосфатов на уровне 0,1–



Один из двух реконструированных блоков Ново-Курьяновских очистных сооружений (в сумме 1,2 млн м³/сутки) – самые крупные ОСК в России, работающие с удалением азота и фосфора

0,2 мг/л. Подтвердилась рекомендация ряда зарубежных специалистов о целесообразности ввода реагента в поток возвратного активного ила. Также было установлено, что соотношение реагент (по Fe)/удаляемый фосфор при проведении процесса до достижения ПДКрыбхоз по фосфору ортофосфатов (менее 0,2 мг/л) в среднем составляет 3,5, что на 30 % выше, чем обычно рекомендуемое значение 2,7 [10].

Результаты промышленных испытаний метода позволили сделать вывод о том, что химическое осаждение фосфора целесообразно применять как ситуационную меру в случаях, когда биологическое удаление не обеспечивает требуемого качества очищенной воды, что позволяет существенно снизить себестоимость очистки по сравнению с чисто реагентными методами.

На основе полученного опыта в текущем десятилетии АО «Мосводоканал» решает наиболее масштабную задачу по переводу биологической очистки на новые технологии: идет реконструкция Ново-Курьяновских сооружений, построенных в 70-х годах прошлого века. Не секрет, что панельные конструкции постройки тех лет имеют существенно меньший срок службы, чем монолитные сооружения 50-х и 60-х годов.

¹⁰Инициатором применения этой технологии был А.Н. Эпов. – Примеч. авт.

Кроме того, станция была построена в очень сложных гидрогеологических условиях, что создало риск частичного разрушения днища аэротенков. Именно поэтому начата реконструкция не самого старого блока, а двух самых уязвимых. В 2011–2013 гг. институтом «МосводоканалНИИпроект» был разработан проект (один авторов работал над ним в качестве главного технолога), реализация которого к настоящему времени еще не завершена, но подходит к концу. В основу проекта заложена технология УСТ, в конфигурации, отработанной на аэротенке № 14 с рядом опций, обеспечивающих гибкую работу в период реконструкции и не только (№ 18 в табл.). Из интересных особенностей проекта следует отметить вынужденную замену существующих первичных отстойников на вторичные (первых было слишком много, а вторых – недостаточно). Эта работа еще продолжается в числе других мероприятий (уплотнители активного ила пока не переведены в ацидификаторы осадка, не проведена реконструкция песколовок и решеток, не завершено внедрение системы автоматизации процессов и др.). С учетом перевода на новую технологию проектная производительность блока уменьшена с 2 до 1,2 млн. м³/сутки¹¹. После окончания реконструкции, это не создаст проблем, т. к. приток на Курьяновские очистные сооружения уменьшился почти в 2 раза по сравнению с концом 80-х годов.

С июня 2018 г. блок запущен по проектной технологии, с некоторой гидравлической недогрузкой. Несмотря на недостаток органического вещества в сточной воде, процесс совместного удаления азота и фосфора в аэротенках протекает эффективно, удаление фосфора фосфатов происходит в среднем на 90 %, аммонийного азота на 98 %. Качество очистки на блоках НКОС-1 и НКОС-2 обеспечивает проектные значения и соответствует технологическим показателям НДТ, за исключением периодических превышений по азоту нитратов.

После присоединения к Москве новых территорий ведется реконструкция небольших ОС (№ № 19 и 20 в табл.). На двух объектах уже достигнута очень глубокая очистка [11] с применением биологических методов и современных мембран.

Подводя итогу, отметим, что 25-летняя работа по промышленному внедрению технологий удаления азота и фосфора на очистных сооружениях Мосводоканала позволила не только перевести на новые процессы около 40 % всей их огромной производительности, но и достичь более масштабных целей:

практически с нуля сформировать данное направление инженерной деятельности в России, создать современную инженерно-технологическую школу очистки городских сточных вод и основы для массового внедрения этих технологий в масштабах страны,

обеспечить достаточный уровень национальной компетенции для самостоятельного выполнения таких работ без привлечения зарубежных специалистов,

создать инженерно-техническую базу для перехода на технологическое нормирование отрасли на основе наилучших доступных технологий.

Нельзя не отметить, что основы новой системы технологического нормирования сточных вод поселений, переход к которой начался с 2019 г., были разработаны в «Мосводоканале» еще в 2005 г. [12]. При создании Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 10–2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» описанный опыт был использован в полной мере, включая экспертную оценку значений технологических показателей очистки.

В настоящее время в «арсенале» ИТЦ АО «Мосводоканал» – целый ряд готовых к внедрению технологических решений для строительства и реконструкции очистных сооружений, в том числе далеко за пределами темы настоящей статьи. ●

¹¹Эти блоки – одни из наиболее «нагруженных» в стране по первоначальным проектным параметрам. Так, время пребывания сточных вод по проекту было всего 6 часов, а нагрузка на вторичные отстойники – 2,5 м³/м² в час. Снижение нагрузки до 60 % от первоначальной было неизбежно. – Примеч. авт.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилович Д.А., Дайнеко Ф.А., Мухин В.А., Николаева Е.Б., Эпов А.Н. Удаление биогенных элементов // «Водоснабжение и санитарная техника», № 9, 1998.
2. Данилович Д.А. Блок удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – этапы внедрения современных технологий // «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения», № 2, 2014, с. 20–37.
3. Загорский В.А., Данилович Д.А., Дайнеко Ф.А., Белов Н.А., Березин С.Е., Баженов В.И., Эпов А.Н. Реконструкция аэротенков Люберецкой станции аэрации с внедрением технологии нитри-денитрификации // «Водоснабжение и санитарная техника», № 11, 1999.
4. Загорский В.А., Данилович Д.А., Козлов М.Н., Мойжес О.В., Белов Н.А., Дайнеко Ф.А., Мухин В.А. Опыт промышленного внедрения технологий биологического удаления азота и фосфора // «Водоснабжение и санитарная техника», № 12, 2001.
5. Загорский В.А., Данилович Д.А., Козлов М.Н., Мойжес О.В., Дайнеко Ф.А. Сравнительный анализ опыта промышленного применения различных технологий удаления фосфора из городских сточных вод // «Водоснабжение и санитарная техника», № 5, 2004.
6. Гаврилин А.М., Кевбрина М.В., Казакова Е.А., Мойжес С.И., Козлов И.М. Сравнение эффективности удаления биогенных элементов из сточных вод г. Москвы при использовании различных технологических схем // Сборник статей и публикаций московского водоканала, Выпуск 3, 2014 г., стр. 190–201.
7. Пахомов А.Н., Стрельцов С.А., Козлов М.Н., Харькина О.В., Хамидов М.Г. Ершов Б.А., Белов Н.А. Опыт эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора // «Водоснабжение и санитарная техника», 2010, № 10, с. 35–41.
8. Козлов М.Н., Стрельцов С.А., Кевбрина М.В., Гаврилин А.М., Газизова Н.Г. Ацидофикация (преферментация) как метод стабилизации сырого осадка при очистке сточных вод от биогенных элементов // «Водоснабжение и санитарная техника», 2013, № 5, с. 13–20.
9. Кевбрина М. В., Гаврилин А. М., Козлов И. М. Новая организация процесса преферментации для удаления биогенных элементов из сточных вод // «Водоснабжение и санитарная техника», № 5, 2014, с. 73–79.
10. Козлов М.Н., Николаев Ю.А., Казакова Е.А., Грачев В.А., Дорофеев А.Г. Промышленные испытания биологического удаления фосфора на московских очистных сооружениях // «Водоснабжение и санитарная техника», № 10, 2011, с. 49.
11. Козлов М.Н., Кевбрина М.В., Богомолов М.В., Стрельцов С.А., Белов Н.А., Николаев Ю.А., Козлов И.М., Колбасов Г.А. Внедрение технологии удаления биогенных элементов в мембранном биореакторе в Московском регионе // «Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения», № 3, 2016 г., с. 29–34.
12. Пюнтер Л.И., Данилович Д.А. Обсуждаем проект федерального закона – специального технического регламента «О коммунальном водоотведении» // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 3, ч. 1.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Комбинированные установки объединяют два модуля: механическую решетку и аэрируемую песколовку

Производительность от 5 до 185 л/с



ДООЧИСТКА

Барабанные фильтры обеспечивают снижение концентрации взвеси твердых частиц

Производительность от 15 до 60 м³/ч



ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКА

Комбинированная система обезвоживания объединяет предварительный динамический сгуститель и ленточный фильтр-пресс

Производительность от 1 до 40 м³/ч



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«345 МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

(495) 521-73-96
voda@345mz.ru
www.345mz.ru



На правах рекламы



Взаимодействие водоканала и промпредприятия по совместной локальной очистке концентрированных стоков от азота и фосфора

Предисловие редакции

Предлагаем читателям статью, посвященную голландскому опыту решения сложной проблемы очистки промстоков в результате эффективного взаимодействия водоканала и промпредприятия. Представляют интерес как технические новинки (состоявшиеся 12–13 лет назад, однако в России, не только не применяемые, но и малоизвестные, к сожалению), так и культура взаимодействия сторон.

В наступившем году тема взаимодействия водоканалов и промышленных предприятий будет еще более актуальной после принятия изменений в Правила холодного водоснабжения и водоотведения, вытекающие из поправок в отраслевой закон № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», внесенных Федеральным законом от 29.07.2017 № 225-ФЗ.

В российской практике редки положительные примеры конструктивного взаимодействия водоканалов и абонентов, когда бы инженеры с обеих сторон вместе сделали полезное дело, сохранив и важное для города производство, природу и средства организаций. В статье голландских коллег эта взаимовыгодная работа особенно очевидна, т. к. на новых ЛОС удалось не только завершить необходимую предочистку стоков огромного завода, но и заодно (воспользовавшись соседним расположением промплощадок), решить также проблему ОСК – очистить высокозагрязненный фугат от обезвоживания сброшенного осадка.

Несколько лет назад в статье¹ было сформулировано понятие энергоресурсного подхода к очистке сточных вод, как очевидного тренда развития нашей отрасли в Западной Европе. Этот подход означает, что загрязнения сточных вод больше не воспринимаются как отход, который надо уничтожить без следа, а, наоборот, как ресурс, который следует бережно и эффективно выделить и довести до состояния товарного продукта². Голландия является, по сути, центром развития и применения такого подхода. Так, на установке компостирования осадка проблему загрязнения воздуха аммиаком удалось превратить в производство товарного удобрения – сульфата аммония³. Проблему жидких и пастообразных отходов производства и торговли, которые у нас нелегально вывозят на полигоны или сбрасывают в люки канализации, в Амстердаме превратили в прибыльное частное производство, которое вырабатывает 5 МВт электроэнергии.

В России же ситуация в части регулирования сбросов абонентов продолжает только ухудшаться. Едва удалось достичь с бизнесом взаимоприемлемых значений концентраций загрязняющих веществ на сбросе в канализацию, установлен-

ных приложением 5 Правил холодного водоснабжения и водоотведения (Постановление Правительства РФ от 03.11.2016 № 1134), как Федеральным законом № 225-ФЗ были введены нормы, придающие нормативам по составу сточных вод (НССВ) характер административно обязательных к исполнению, с обязанностью для абонентов составлять и реализовывать планы их выполнения, с санкциями при невыполнении. Таким образом, абоненты получили двойную систему требований, которые надо выполнять. При этом НССВ будут на два порядка жестче, чем допустимые концентрации приложения 5, т. е. технически невыполнимыми. Увы, вместо того, чтобы помочь абонентам привлечь средства для решения как своих, так и городских водоохраных задач, их опять будут заставлять чистить сбрасываемую в канализацию воду по многим показателям, превосходящим питьевую воду.

Акцентируем внимание читателей, что в описываемом зарубежном опыте партнером муниципального предприятия, эксплуатирующего ОСК, является не само промпредприятие, а специализированная компания, занимающаяся очисткой промстоков. Считаю, что такой аутсорсинг – правильное направление профессионального решения проблемы ЛОС, позволяющее промпредприятиям заниматься своим делом, поручив проблемы стоков и отходов профессионалам.

Если обратиться к технической стороне модернизации, описываемой в статье, то, однозначно, технологии удаления фосфора в виде струвита ($MgNH_4PO_4 \times 6H_2O$) и азота в процессе АНАММОКС являются сейчас «золотым стандартом» решения проблемы очистки сточных вод, концентрированных по фосфору и азоту. Технология АНАММОКС в России получила некоторое развитие (на опытно-промышленном уровне) в работах АО «Мосводоканал»⁴. Технология получения струвита пока в России не апробирована, несмотря на ее относительную несложность. Оба этих решения можно рекомендовать всем предприятиям, сталкивающимся с подобными проблемами.

В заключение хотелось бы обратить внимание на уровень и культуру описания внедрения новой технологии. Авторы приводят не только среднегодовые данные за три года, но также и развернутые графические данные за один из этих годовых периодов. При этом детально объясняют, не боясь показать себя «не в том свете», причины некоторых нарушений работы процесса, вызванные техническими и иными обстоятельствами. Информации, изложенной на таком уровне можно доверять, такую подачу материала журнал предлагает читателям.

Эксперт-директор журнала Д.А. Данилович

¹ См. Данилович Д.А. Энергоресурсный подход к очистке сточных вод и обработке осадков. НДТ. 2014. № 3. С. 16–23.

² Также см. Ванюшина А.Я. Лучшие примеры эксплуатации очистных сооружений: г. Штрасс. НДТ. 2014. № 4. С. 39–50.

³ См. Данилович Д.А. Биосушка осадка сточных вод. Опыт Нидерландов. НДТ. 2014. № 5. С. 40–50.

⁴ См. Козлов М. Н., Николаев Ю. А., Кевбрина М. В. и др. Создание первой в России технологии типа Анаммокс. Водоснабжение и санитарная техника. №8, 2017, С. 28–33.

Модернизация очистных сооружений канализации путем внедрения отдельного процесса очистки промстоков и возвратных потоков очистных сооружений

ВВЕДЕНИЕ

Управлению по водным ресурсам Рейна и Эйсселя необходимо было принять меры по обеспечению выполнения требований Европейской Рамочной Директивы по воде. Для этого концентрации азота и фосфора в очищенном стоке необходимо было снизить до 10 мг N /л и 1 мг P/л. До проведенной модернизации очистных сооружений канализации (ОСК) города Олбюрген, мощность сооружений 90 тыс. ЭЧЖ, очищенные стоки, содержавшие азот в концентрации до 50 мг/л и фосфор в концентрации до 15 мг/л, сбрасывались в реку Эйссель.

Сырые стоки предприятия по переработке картофеля (далее – ППК), поступающие на очистные сооружения, содержат высокие уровни биогенных элементов. В процессе переработки картофеля (мощность предприятия 100 тонн картофеля в час) образуются сточные воды, содержащие белки, крахмал и фосфаты. Нагрузка по загрязнителям от этих сточных вод соответствует 160 тыс. ЭЧЖ. Начиная с 1982 г., на станции использовались для локальной очистки реакторы с восходящим потоком через слой анаэробного ила (UASB-реакторы), в которых основная часть органических загрязнений удалялась с преобразованием в биогаз. Сток после реакторов содержал в среднем 1000 кг/сутки ХПК, 700 кг/сутки аммонийного азота и 200 кг P/сутки фосфата.

Другой поток сточных вод с высоким содержанием биогенов, поступавший на ОСК, представлял собой фильтрат от обезвоживания сброженного осадка самой станции.

Компания Waterstromen BV является владельцем и оператором сооружений очистки промышленных сточных вод. В частности, она занимается эксплуатацией станции очистки стоков предприятия по переработке картофеля (далее – ППК).

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ

Управление по водным ресурсам Рейна и Эйсселя и Waterstromen BV создали ГЧП для разработки возможных решений по снижению концентраций N и P в очищенном стоке,

Источник:
WATER SCIENCE &
TECHNOLOGY, 2010, 61.7,
СТР. 1715–1722

В.Р. АБМА, В. ДРИССЕН,
RAQUES BV
Р. ХАРХЕЙС, WATERSTROMEN
BV
М.К.М. ВАН ЛУСДРЕХТ,
КАФЕДРА БИОТЕХНОЛОГИИ,
ДЕЛЬФТСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ПЕРЕВОД –
Ж.Н. БАРАНОВСКАЯ

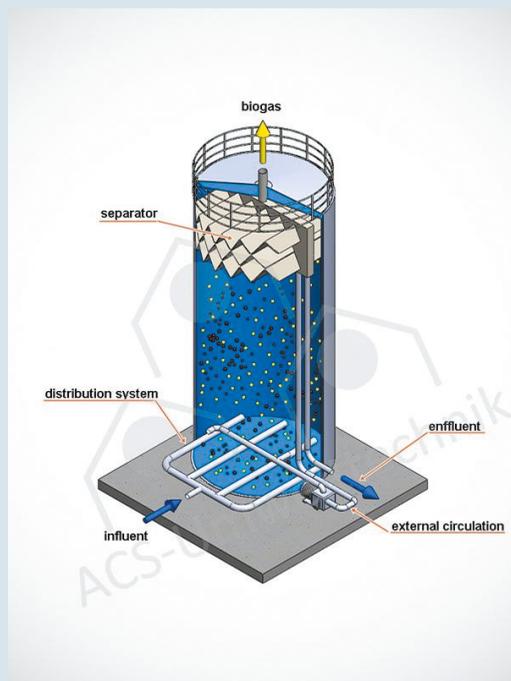


АДАПТАЦИЯ,
КОММЕНТАРИИ –
Д.А. ДАНИЛОВИЧ

UASB-РЕАКТОР

UASB-реактор является в Европе «золотым стандартом» в очистке высококонцентрированных по органическим веществам сточных вод. В России находит применение на пивоваренных, крахмало- и картофелеперерабатывающих предприятиях и др.

Устройство одного из вариантов UASB-реактора



Обозначения: influent – поступающая сточная вода, effluent – очищенная сточная вода, external circulation – внешняя циркуляция, distribution system – система распределения (поступающей сточной воды), separator – устройство для разделения биогаза, анаэробного ила и очищенной воды, biogas – биогаз.

сбрасываемом в поверхностные воды. Наиболее важным оценочным критерием была экономическая эффективность на основании совокупной стоимости владения. Были рассмотрены три основных варианта:

Модернизация и расширение очистных сооружений с целью соблюдения новых стандартов, включая очистку сточных вод ППК и возвратных потоков самих ОСК.

Обеспечение отдельного процесса дальнейшей очистки стоков ППК после реакторов UASB, совместно с фильтратом осадка ОСК, с прямым сбросом очищенного стока в поверхностный водный объект, а также дополнительная модернизация ОСК.

Обеспечение отдельного процесса дальнейшей очистки стока ППК после UASB-реакторов и возвратных потоков, со сбросом очищенного стока на ОСК, а также модернизация ОСК.

В результате оценки всех трех вариантов сделан вывод о том, что оптимальным является вариант 3: отдельная очистка сточных вод ППК и возвратных потоков. Ввиду высокой температуры (30–35 °С) сточных вод ППК после реактора UASB и фильтрата сброженного осадка по сравнению с температурой сточной жидкости на ОСК (10–20 °С) отдельный реактор для их очистки может иметь небольшой объем благодаря повышенной биологической активности. Кроме того, смесь возвратных потоков и стока реактора UASB имеют в 5–10 раз более высокую концентрацию N и P (соответственно, 300 и 80 мг/л), чем городские сточные воды. Высокая концентрация позволяет применить специфические методы для высококонцентрированных сточных вод. Для удаления фосфатов можно использовать осаждение их в составе струвита¹, что обеспечивает регенерацию фосфата. Для удаления азота в качестве альтернативы нитрификации/денитрификации может быть использована технология АНАММОКС (ANAMMOX)², что экономит значительные объемы энергии. Такое сочетание технологий осаждения струвита и АНАММОКС позволяет дополнительно сократить объем реактора и уменьшить занимаемую им площадь, как показано на рис. 1.

¹ См. формулу на с. 59 – Примеч. ред.

² Сокр. от англ. ANaerobic AMMonium OXidation – анаэробное окисление аммония. – Примеч. ред.

Вариант 3 (отдельной очистки стока ППК и возвратных потоков перед сбросом на ОСК) является самым экономичным, требуя 2025 Евро на 1 условного жителя, тогда как расходы на очистку на ОСК (вариант 1) составляют около 35 Евро.



Рис. 1. Общий вид расположенных рядом ЛОС сточных вод ППК и возвратного потока, а также городских ОСК

РЕАЛИЗОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ

Станция совместной очистки стока ППК и фильтрата от обезвоживания сброженного осадка включает в себя:

1. Три реактора UASB (действовавших ранее), каждый объемом по 1200 м³, для анаэробной предварительной очистки с преобразованием ХПК в биогаз.

2. Два реактора Phospaq (Фоспак) емкостью 300 м³ каждый, для удаления фосфата путем осаждения струвита, а также для

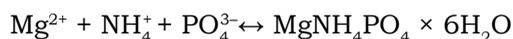
удаления остаточной ХПК из стока реактора UASB и концентрата процессов сбраживания и обезвоживания осадка.

3. Одноступенчатый реактор Anammox (процесс CANON) емкостью 600 м³ для удаления аммиака.

Процесс был спроектирован на основании характеристик сточной жидкости, приведенных в табл. 1.

Схема процесса очистки приведена на рис. 2.

Сначала сток предприятия по переработке картофеля поступает в реакторы UASB, где в анаэробном процессе основная часть ХПК (около 90 %) удаляется и преобразуется в биогаз. Сток реакторов подается в реакторы Phospaq. Туда же подается фугат от работающих на ОСК декантерных центрифуг, обезвоживающих осадок. В этих реакторах происходит удаление фосфатов путем осаждения в форме струвита (магний-аммоний-фосфат).



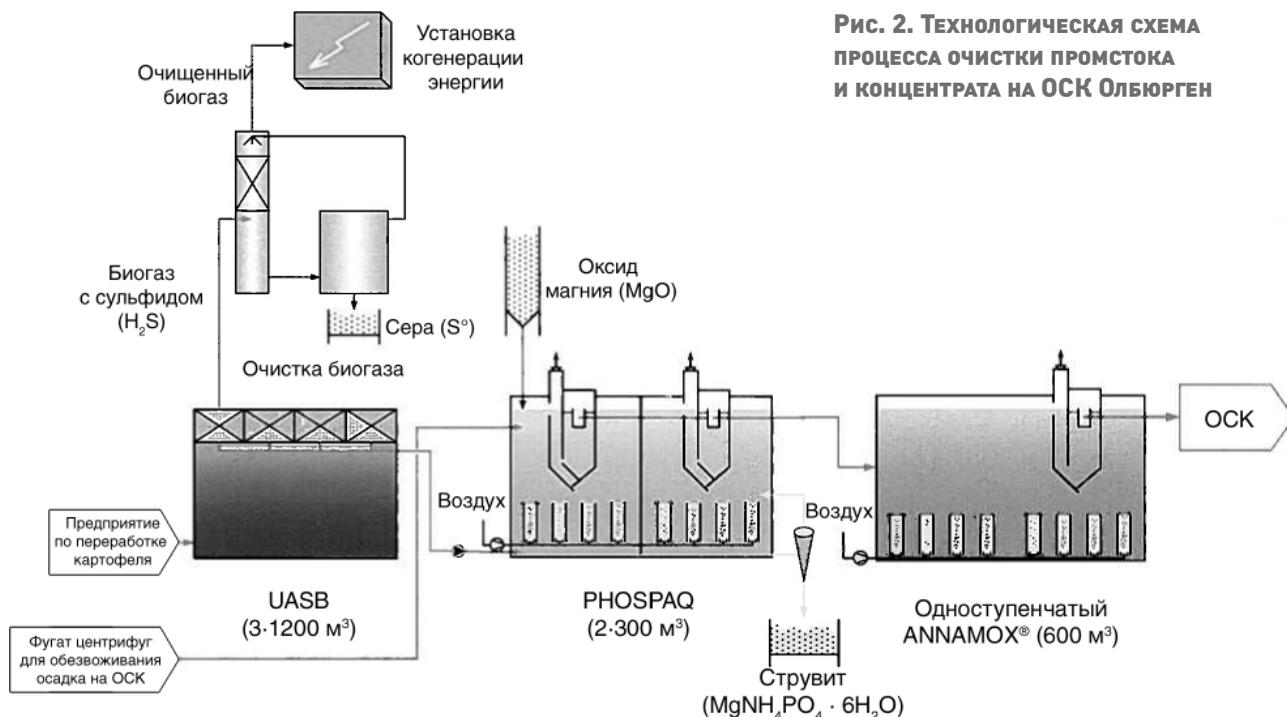
В дополнение к удалению фосфора в реакторе Phospaq происходит удаление ХПК в аэробном процессе, что позволяет подавить ненужный рост гетеротрофных микроорганизмов в АНАММОКС-реакторе. Совместное удаление Р и ХПК в одном реакторе дает определенные преимущества. Аэрация обеспечивает не только кислород для биоконверсии, но и перемешивание, необходимое для получения струвита хорошего качества. Кроме того, аэрация обеспечивает выделение СО₂, который повышает рН и стимулирует образование струвита. Для достижения нуж-

Таблица 1. Массовые расходы ЛОС и ОСК

| Показатели | Ед. изм. | Предприятие по переработке картофеля (ППК) | Возвратный поток обработки осадка ОСК | Городские сточные воды |
|---------------------|---------------------|--|---------------------------------------|------------------------|
| Расход | м ³ /сут | 3000 | 360 | 32 000 |
| ХПК | кг/сут | 17 000* | 200 | 5940 |
| N – NH ₄ | кг/сут | 1000 | 250 | 1320 |
| P – PO ₄ | кг/сут | 225 | 20 | 220 |

* До ЛОС (UASB-реакторов)

Рис. 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОМСТОКА И КОНЦЕНТРАТА НА ОСК ОЛБЮРГЕН

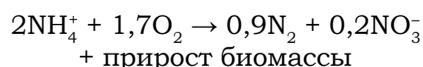


ной степени очистки добавляется MgO. Реакторы оборудованы сепараторами, которые удерживают струвит и некоторое количество активного ила в реакторе³. Возраст ила в реакторах ограничен – менее суток, чтобы не допустить нитрификации, которая отрицательно влияет на образование струвита, поскольку понижает концентрацию аммония и pH. Струвит собирается со дна реактора с помощью гидроциклона, далее посредством винтового пресса транспортируется в контейнер. Струвит используется в качестве медленнодействующего удобрения.

Размеры реакторов для удаления фосфора были рассчитаны на основании пилотной установки емкостью 60 л. В промышленном масштабе установка удаления фосфора состоит из двух параллельных реакторов

каждый емкостью 300 м³. В случае проблем с накоплением в них отложений струвита, их можно решить без вывода ОСК из эксплуатации, опорожнив для очистки одну из линий.

В одноступенчатом АНАММОКС-реакторе аммоний преобразуется в азот путем сочетания нитрификации с анаммокс-бактериями. Упрощенная суммарная формула преобразования в реакторе имеет следующий вид:



В противоположность нитрификации-денитрификации преобразование аммония не требует органического углерода, что эко-

³ Можно предположить, что аэробный ил в реакторе Phospaq формируется при запуске, вероятно, с затравкой активного ила аэротенков. Конструкция реактора для получения струвита известна уже более 20 лет: для этой цели используется чисто химический реактор с псевдоожиженным слоем гранул. Сравнивая с ней новый реактор Phospaq, следует отметить, что его объем гораздо больше – равен объему АНАММОКС-реактора, а конструкция гораздо сложнее, т. к. требует отбора струвита из донной части, отделения его в гидроциклоне, а также зоны отстаивания. Описание преимуществ нового реактора по сравнению с более распространенным в статье не приведено. – *Примеч. ред.*

номит энергию. Таким образом, нет необходимости поддерживать баланс органического веществ и азота для денитрификации (путем пропуска части неочищенного стока в обход реакторов UASB) и гарантируется максимальная выработка биогаза из всего органического вещества.

АНАММОКС-реактор работает с гранулированным илом, накопление которого в реакторе обеспечивается сепаратором в верхней части реактора. Реактор непрерывно аэрируется. Концентрации аммония и нитрита в стоке реактора измеряются анализаторами в режиме онлайн. На основании результатов измерений регулируется расход воздуха на аэрацию для обеспечения нужного качества стока.

Сток процесса очистки сбрасывается на ОСК, где он вместе со сточными водами проходит очистку, обеспечивающую качество, соответствующее требованиям к сбросам в водные объекты. Сооружение установки было завершено к 2006 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Станция достигла проектных показателей в течение 6 месяцев после пуска в эксплуатацию. Среднегодовые показатели качества стока реакторов UASB и фильтрата осадка даны в табл. 2.

На рис. 3 отражены данные за 2008 г. о концентрации фосфора в стоке, поступающем на очистку, и после очистки.

Удаление Р осуществляется при уровне рН 8,28,3. Объем регенерации фосфора на станции составил около 150 кг в сутки. В январе концентрация Р в очищенном стоке увеличилась из-за механического повреждения дозатора MgO. В июле/августе оба реактора образования струвита были выведены из эксплуатации для ремонта и увеличения решетки для сбора струвита⁴. Это объясняет снижение производительности в этот период.

ТАБЛИЦА 2. СРЕДНЕГОДОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ РНОСРАО + АНАММОКС (ДАННЫЕ ЗА 2006 Г. ВКЛЮЧАЮТ ПУСКОВОЙ ПЕРИОД)

| Период | 2006 г. | 2007 г. | 2008 г. |
|--|---------|---------|---------|
| Показатели загрязнения стока, поступающего на очистку (кг/сутки) | | | |
| NH ₄ – N | 605 | 637 | 714 |
| P | 162 | 184 | 196 |
| ХПК | 1583 | 1824 | 1635 |
| Показатели загрязнения стока после очистки (кг/сутки) | | | |
| NH ₄ – N | 254 | 89 | 67 |
| P | 78 | 51 | 47 |
| ХПК | 859 | 600 | 717 |
| Эффективность очистки, % | | | |
| NH ₄ – N | 58 | 86 | 91 |
| N _{общий} | 46 | 68 | 73 |
| P | 52 | 72 | 76 |
| ХПК | 46 | 67 | 56 |

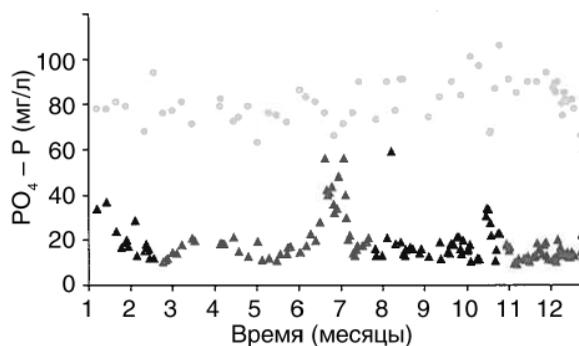


Рис. 3 Удаление фосфата в реакторе РНОСРАО в 2008 г.

● — ИСХОДНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ФОСФАТА
▲ — КОНЦЕНТРАЦИЯ ФОСФАТА В ОЧИЩЕННОМ СТОКЕ

Концентрация образующегося струвита по сухому веществу составляла 45–50 %. Кристаллы осаждающего вещества имели средний размер около 0,7 мм (рис. 4).

⁴ Предположительно, речь идет о системе дырчатых труб на днище для отвода пульпы. — Прим. ред.

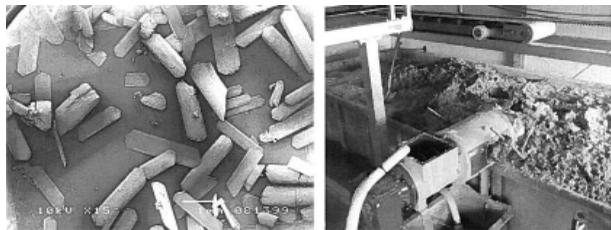


Рис. 4. Фото с электронного микроскопа кристаллов образовавшегося струвита и контейнер со струвитом

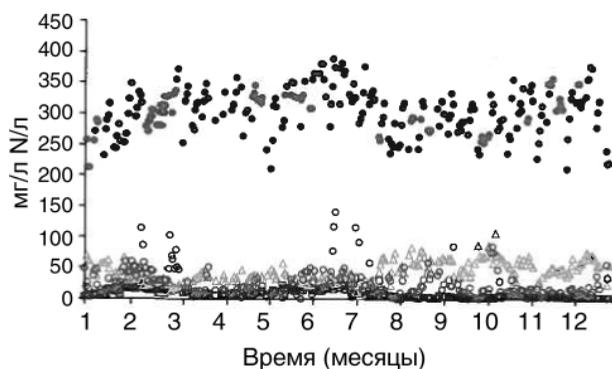


Рис. 5 Преобразование нитратов в реакторе нитрификации/АНАММОКС в 2008 г.
 ● — ИСХОДНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АММОНИЯ
 ○ — КОНЦЕНТРАЦИЯ АММОНИЯ В ОЧИЩЕННОМ СТОКЕ
 □ — КОНЦЕНТРАЦИЯ НИТРИТА В ОЧИЩЕННОМ СТОКЕ
 △ — КОНЦЕНТРАЦИЯ НИТРАТА В ОЧИЩЕННОМ СТОКЕ

Состав продукта струвита определяли по выборочным пробам дважды в неделю в течение месяца. Результаты сравнили с требованиями Евросоюза к применению струвита в качестве удобрения (см. табл. 3).

Применение струвита в качестве удобрения в течение одного сезона было протестировано на картофеле, моркови, брюссельской капусте и лилиях, и в течение двух сезонов – на траве. Результаты этих исследований показали, что эффективность данного продукта равнозначна эффективности промышленных удобрений. Следовательно, он может вполне заменить промышленные удобрения.

Динамика конверсии азота в 2008 г. показана на рис. 5. Средняя эффективность

удаления азота составила 91 %. В январе из реактора было удалено 30 м³ биомассы. В том же месяце один из двух компрессоров вышел из строя и был выведен из эксплуатации до июля. Качество очищенного стока временно колебалось по причине ввода резервной мощности аэрации и отладки регулирования. В июле проводилось техническое обслуживание реакторов Phosraq, которое сопровождалось нехарактерными колебаниями в нагрузке и качестве сточной воды, что также влияло на качество сброса. После того как весь объем сточных вод обрабатывался в одном реакторе Phosraq, производительность реактора, где образовывался струвит, снизилась. Концентрация твердых веществ в стоке реактора Phosraq увеличилась с <1 мг/л до 10 мг/л, а концентрация ХПК удвоилась. Несмотря на такие колебания, уровень удаления азота был по-прежнему высоким, а популяция анаммокс-бактерий и их активность не пострадали. Пиковые значения концентрации аммония в очищенном стоке объясняются увеличением потребности в аэрации при выводе из эксплуатации одного из реакторов, где образовывался струвит, а один из двух компрессоров все еще не работал.

В августе содержание азота нитратов в очищенном стоке увеличилось с 35 до 50 мг N/л. Этому предшествовало задание слишком низких уставок концентрации аммония в сбросе. Минимум неделю концентрация аммония поддерживалась на уровне <5 мг N/л. Уровень нитрата вновь снизился после задания уставки аммония около 15 мг N/л. Несмотря на эти колебания, соблюдение проектных значений качества сброса было обеспечено. Нагрузка на АНАММОКС-реактор составляла 911 кг азота/сутки или 1,5 кг/м³/сутки. Высокая нагрузка по азоту не снизила эффективность очистки; таким образом, максимальная производительность процесса не была достигнута. Объемная доля биомассы в реакторе в течение этого периода составляла около 200 мг/л, в то время как максимальное содержание может достигать 600 мг/л, что говорит о потенциальной возможности увеличения нагрузки реактора в три раза.

ТАБЛИЦА 3. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЛУЧЕННОМ СТРУВИТЕ ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТАМИ ЕС ДЛЯ УДОБРЕНИЙ

| | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn | As |
|---------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| Стандарт ЕС (мг/кг Р) | 31 | 1875 | 1875 | 19 | 750 | 2500 | 7500 | 375 |
| Продукт струвит (мг/кг Р) | 0,9 | 17 | 42 | <0,3 | 26 | 6,6 | 336 | <6 |
| Отношение к допустимой величине | 0,03 | 0,01 | 0,02 | <0,02 | 0,03 | <0,01 | 0,04 | <0,02 |

На рис. 6 показана интенсификация микробиологической конверсии и концентрации нитрита в течение пускового периода в зависимости от времени. За период менее 10 суток конверсия удваивалась, что сопоставимо с данными максимального роста популяции АНАММОКС-бактерий, приведенными в литературе (Strous *et al.* 1998). Концентрация азота нитритов обычно составляла от 20 до 30 мг/л. Эти данные показывают, что на данный тип АНАММОКС-бактерий средние концентрации нитрита в реакторе отрицательного влияния не оказывали.

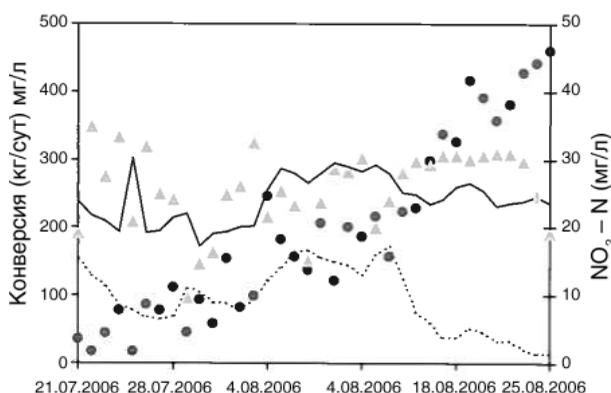


Рис. 6 Динамика процесса микробиологической конверсии азота в течение пускового периода
 ● — микробиологическая конверсия аммонийного азота, мг/л
 ▲ — концентрация нитрита в очищенном стоке (сплошная линия) исходная концентрация аммония (пунктирная линия) концентрация аммония в очищенном стоке

Благодаря выделению очистки стока UASB-реактора и фугата от обезвоживания осадка в отдельный процесс, а также

модернизации очистных сооружений канализации качество очищенного стока ОСК повысилось. Концентрация азота составила <10 мгN/л. Концентрация фосфора снизилась до <4 мг P/л. Для достижения ПДК 1 мгP/л продолжают работы по совершенствованию биологического процесса удаления фосфора.

ВЫВОДЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Совместная очистка предварительно анаэробно очищенного стока предприятия по переработке картофеля и фугата от обезвоживания осадка осуществляется в течение 3 лет и показала положительные результаты. Впервые были продемонстрированы в промышленном масштабе реактор Phospraq и одноступенчатый реактор ANAMMOX. Сочетание с анаэробной очисткой дало положительные результаты. Совокупное применение всех процессов позволяет получить в качестве товарных продуктов фосфат, серу, энергоноситель биогаз, а также сэкономить энергию. Результатом является повышение экономической эффективности. Данная технология может быть рекомендована для очистки сточных вод с высоким содержанием органического углерода, азота и фосфатов, например в пищевой промышленности и для сельхозпредприятий.

Результаты анализа полученного струвита показали возможность его применения в качестве заменителя промышленных удобрений. Концентрация тяжелых металлов

в струвите в 20 раз ниже, чем стандарты ЕС на содержание металлов в удобрениях. Присутствие небольшого количества тяжелых металлов в струвите можно объяснить наличием в нем небольшого количества осадка сточных вод. Применение полученного струвита в качестве удобрения еще не нашло широкого применения, рынок для него находится в стадии развития. Тем не менее, продажа струвита уже сейчас может принести небольшую прибыль.

Потенциальная эффективность удаления фосфора в реакторе Phosraq, где образуется струвит, напрямую зависит от состава сточных вод (концентрации магния, аммония и фосфата, pH и буферная емкость). Например, при очистке сточных вод предприятия по переработке картофеля с концентрацией аммония 300 мг N/л экономически возможно обеспечить 80 % эффективность очистки. При концентрации сточных вод свыше 1000 мг N/л эффективность очистки может быть 90–95 %.

По результатам эксплуатации за 2008 г. эффективность удаления аммония в одноступенчатом реакторе АНАММОКС составляла 91 %, а общего азота 73 %. Этого вполне достаточно для соблюдения европейских нормативов. В течение длительного периода обеспечивалось удаление 95 % аммония и 81 % общего азота. Поскольку сток реактора сбрасывается на ОСК, дополнительной очистки не требуется, и она экономически не выгодна. Для доочистки потребуются изменение конфигурации процесса и/или дополнительное оборудование.

В одноступенчатом реакторе АНАММОКС используется гранулированная биомасса. Благодаря высокой скорости осаждения биомасса легко удерживается в реакторе. Оказалось, что гранулированная биомасса нечувствительна к резкому повышению концентрации взвешенных веществ или ХПК в поступающем на очистку стоке. Твердые вещества, поступающие в стоке, и образующаяся под воздействием высокой ХПК флокулирующая биомасса легко отделяются от гранулированной биомассы и вымываются из реактора. Гранулы состоят из смеси нитрифицирующих и АНАММОКС-бактерий.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА В РАМКАХ ГЧП

Отдельная очистка предварительно анаэробно очищенного стока ППК и фугата от обработки осадка выгодна как для станции очистки промстоков ППК, так и для ОСК. Преимущества для станции очистки промстоков:

- Экономия на плате за сброс в размере свыше 1,5 млн евро в год благодаря удалению N, P и ХПК.

- Полной очистки от N и P не требуется. Для удаления основного количества N и P можно использовать интенсивную/компактную технологию, что позволяет сэкономить инвестиционные затраты.

- Ежегодно вырабатывается 1,5 ГВт·ч электроэнергии. Использование автотрофного (не требующего органического субстрата) процесса удаления азота позволяет осуществлять максимальную выработку биогаза/электроэнергии. Кроме того, технология АНАММОКС обеспечивает экономию энергии благодаря снижению потребности в аэрации по сравнению с процессом нитрификации-денитрификации.

- Объем образования осадка ежегодно снижается на 600 т СВ. Рост ила в автотрофных системах значительно ниже по сравнению с гетеротрофными системами. При образовании струвита вместо осаждения фосфора в виде фосфата железа прирост ила дополнительно снижается.

Преимущества для ОСК следующие:

- Снижение ежедневной нагрузки до 1170 кг NH_4 – N и 200 кг PO_4 – P.

- Отсутствие необходимости значительного увеличения объема аэротенков (в настоящее время объем аэротенков на ОСК составляет 22 500 м³ на 1320 кг N/сут, т. е. для эффективного удаления азота этот объем надо было удвоить). ●

КОНФЕРЕНЦИЯ

«ОБ ОПЫТЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

30.09—04.10.2019 г., КРЫМ, г. ЯЛТА
санаторно-оздоровительный комплекс
«РУССИЯ» (в прошлом ЦК КПСС, парк 15 га)

При поддержке
ГЛАВЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

УЧАСТНИКИ

- Правительство Республики Крым
- Государственный Совет Республики Крым
- Министерство ЖКХ Республики Крым
- Администрация г. Ялты
- РАВВ
- ГУП РК «Вода Крыма»
- ГУП РК «Водоканал Южного берега Крыма»
- ГУПС «Водоканал г. Севастополь»
- Межрегиональный союз проектировщиков
- Водоканалы и коммерческие организации

В ПРОГРАММЕ:

Обмен опытом и мнениями о практике и тенденциях развития систем водоснабжения и водоотведения в ЖКХ и в промышленности.

Дискуссия о наилучших доступных технологиях в ВКХ, энергоэффективности сооружений и систем водоснабжения и водоотведения.

Заседание
ЭКСПЕРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОВЕТА РАВВ

Секции Ассоциации «ЖКХ и городская среда»

Открытое заседание Технического комитета № 343
«КАЧЕСТВО ВОДЫ» Росстандарта

Посещение объектов ВКХ г. Ялты

Экскурсионная программа

**Скидка за участие при оплате:
до 28.02.2019 г. — 30 %**

ПАРТНЕРЫ



группа
ПОЛИПЛАСТИК



АПТС
АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ



ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА

ВОДА
NEWS
ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ
ОТРАСЛИ ВКХ

ИДТ
НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

ВСТ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

Водоочистка
Водоподготовка
Водоснабжение



ОРГКОМИТЕТ

тел: (495) 641-0041

info@pump.ru

www.pump.ru

127018, Москва, Полковая, 1



ВСЕРОССИЙСКИЙ ВОДНЫЙ КОНГРЕСС 2019

Водные ресурсы России для реализации национальных
целей и стратегических задач развития страны

МОСКВА, 24-26 ИЮНЯ 2019 ГОДА

ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ,
КРАСНОПРЕСНЕНСКАЯ НАБ., Д.12.

Повестка мероприятия: Всероссийский водный конгресс 2019 направлен на повышение эффективности реализации всех федеральных проектов по воде, разработанных в рамках реализации «майских» Указов Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года». В фокусе межотраслевого и межведомственного обсуждения ключевые мероприятия нацпроекта «Экология» по водным ресурсам: «Чистая вода», «Оздоровление Волги», «Сохранение озера Байкал», «Сохранение уникальных водных объектов» и «Внедрение наилучших доступных технологий».

III Всероссийский водный конгресс пройдет при поддержке: представителей Администрации Президента РФ, Правительства РФ, Совета Федерации, Государственной Думы, профильных министерств, подведомственных служб и агентств, а также госкорпораций, бизнеса, научного и экспертного сообщества.

В деловой программе участвуют:

- Органы власти со всех регионов России: от губернаторов, руководителей профильных министерств и ведомств субъектов РФ, а также мэров городов, до глав муниципальных образований.
- Представители всех отраслей водопользования: ТЭК, ЖКХ, АПК, транспорт, пищевая и обрабатывающая промышленность.
- Банки, инвесторы, фонды, госкорпорации.
- Научно-исследовательские и проектные институты, инжиниринговые компании.
- Производители оборудования и услуг, в том числе организации оборонно-промышленного комплекса, разрабатывающие технологии для гражданского использования.

Выставочная экспозиция посвящена отечественным и зарубежным решениям для технической реализации всех водных мероприятий в рамках национальных и федеральных проектов. Демонстрация регионами России, промышленными водопользователями из различных отраслей экономики планов и достижений по снижению негативного воздействия на водные ресурсы и технологий экологически ответственного использования воды в производстве.

Подробная информация на сайте www.watercongress.ru и по телефону + 7 495 939 19 36.



Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения



С О В Е Т
Ф Е Д Е Р А Ц И И
Ф е д е р а л ь н о г о С о в е т а
Р о с с и й с к о й Ф е д е р а ц и и