

# ИЗ

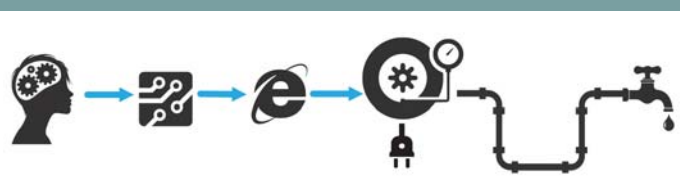
НАИЛУЧШИЕ  
ДОСТУПНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

## ЮГО-ЗАПАДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ- ПЕТЕРБУРГА»:

деловая игра  
по получению КЭР



АНАЛИЗ  
НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ



**ЦИФРОВОЙ  
ВОДОКАНАЛ:**  
миф или  
реальность?



**ВАКУУМНАЯ  
КАНАЛИЗАЦИЯ  
В РОССИИ:**  
методика расчета,  
старт производства  
оборудования

**ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ:**  
факторы, влияющие  
на эксплуатационные  
расходы

Отечественный опыт  
реализации мембранных  
биореакторов



**VODA  
NEWS**

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ОТРАСЛИ ВКХ  
**vodanews.info**

Только нужные новости — в рассылке Voda News

**#УЗНАТЬ\_ПЕРВЫМ\_ОТ\_ПЕРВЫХ**



ДЕКАБРЬ '2017 #6



**ПРИНЦИП НДТ**



**ГЛАВНЫЙ  
КРИТЕРИЙ**

**В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» состоялась деловая игра «Выдача комплексного экологического разрешения Юго-Западным очистным сооружениям»**

**4**

**Оценка соответствия коммунальных очистных сооружений требованиям НДТ: пример Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»**

**10**

**Развитие мембранных биореакторов для очистки сточных вод**

**22**

**Отечественный опыт реализации мембранных биореакторов по технологии «MY MBR» для очистки производственных сточных вод**

**24**

**Разъяснение редакции журнала к статье А.В. Ромашко «Опыт реализации локальных очистных сооружений предприятий пищевой промышленности по технологии «MY DAF»»**

**36**

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

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

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

Эксперт-директор издания  
Данилович Дмитрий  
Александрович  
da\_danilovich@mail.ru

Подписной индекс 80647

Редакционная подписка -  
круглый год на сайте  
<http://vodexp.com/ndt/>

Отдел рекламы  
Тел. +7 (499) 137-50-26



## **ПЕРСПЕКТИВА XXI**



## **МАСТЕР ВОПРОСНИКОВ**

**Цифровой водоканал – миф или  
реальность?**

**38**

**В России начато производство  
оборудования для систем  
вакуумной канализации  
ROEDIGER®**

**50**

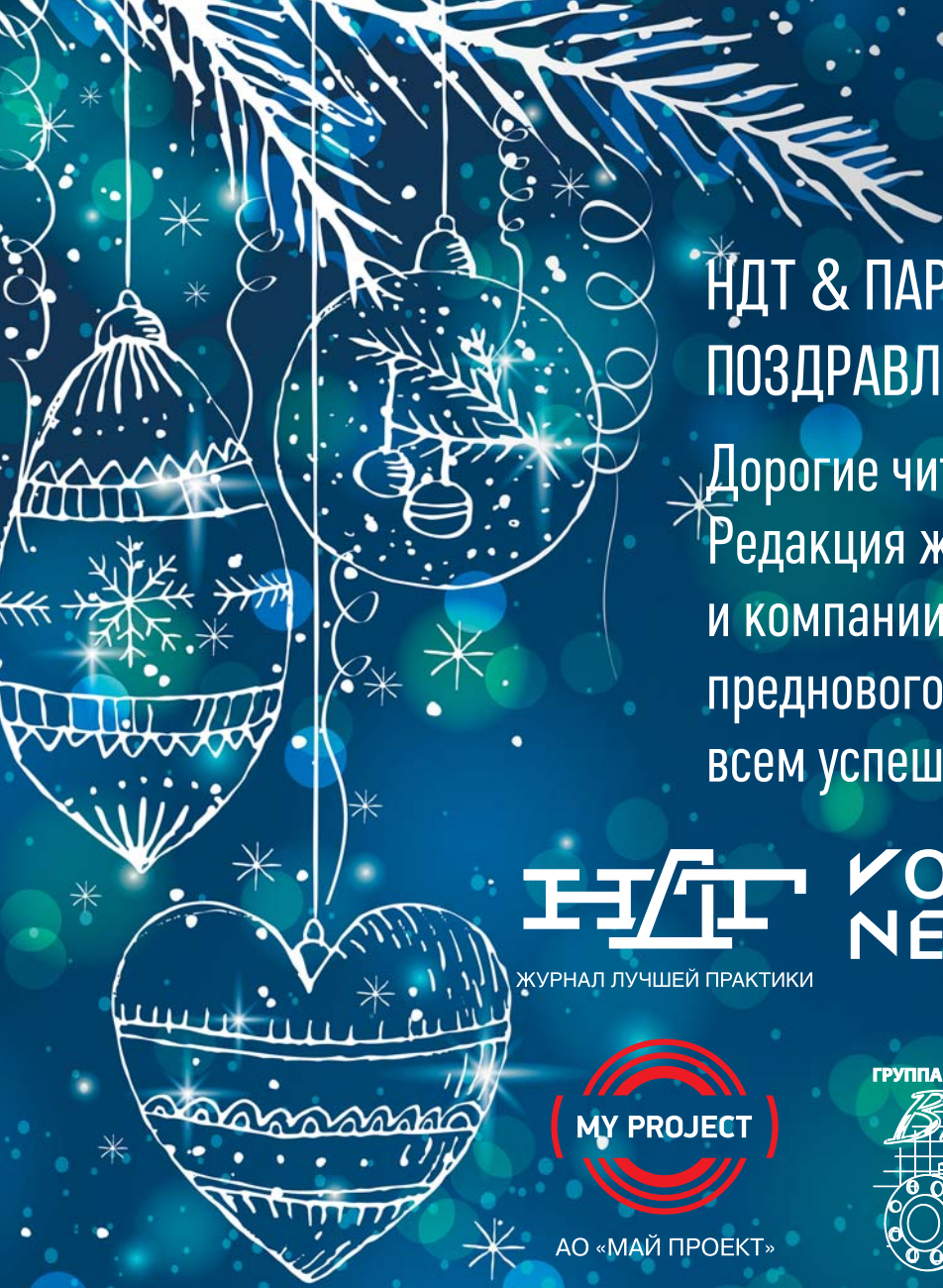
**Методика расчета вакуумной  
канализации**

**56**

**Какие типы  
электролизного  
оборудования  
используется на объектах  
водоканалов для  
обеззараживания воды**

**61**





## НДТ & ПАРТНЕРЫ НОМЕРА ПОЗДРАВЛЯЮТ С НОВЫМ ГОДОМ!

Дорогие читатели!  
Редакция журнала  
и компании-участники  
предновогоднего выпуска желают  
всем успешного 2018 года!



АО «МАЙ ПРОЕКТ»



**Ведущий российский производитель оборудования  
для сгущения, фильтрации, обезвоживания, обработки  
и очистки воды в различных отраслях промышленности**

Уважаемые Заказчики, Партнёры, Коллеги!  
От всей души поздравляем Вас и Ваших близких  
с наступающим Новым годом и Рождеством!  
Пусть наступающий год будет для Вас успешным и плодотворным, годом  
новых возможностей и достижений! Искренне желаем вам благополучия  
и стабильности, неиссякаемой энергии, исполнения всего самого заветного!  
Пусть каждый день наступающего года дарит Вам перспективы  
в бизнесе, профессиональный рост, духовное развитие!  
Пусть в Новом году и всегда Вас сопровождают уверенность в собственных  
силах, удача и успех в осуществлении намеченных планов!  
Крепкого здоровья Вам и Вашим близким, семейного  
благополучия и счастья в Новом году!



С наилучшими пожеланиями,  
Коллектив  
ЗАО «ДАКТ-Инжиниринг»  
8 495 710 73 22,  
[www.dakt.com](http://www.dakt.com)  
[info@dakt.com](mailto:info@dakt.com)





# ВСТРЕЧАЙ ВЕСНУ ЭКОТОНом!

Время встречи:

**27-31 МАРТА 2018**

Место встречи:

**АДЛЕР, СОЧИ**

Повод:

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОДНОЙ ОТРАСЛИ»**



ЧТО ВЫБЕРАЕШЬ ТЫ?

**ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ  
СООБЩЕСТВУ ЛУЧШИХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА!**

Больше информации

**[WWW.EKOTON.COM](http://WWW.EKOTON.COM)**

**ОРГКОМИТЕТ**

**+ 7 (4722) 400 889**

**[MARKETING@EKOTON.COM](mailto:MARKETING@EKOTON.COM)**

# В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» состоялась деловая игра «Выдача комплексного экологического разрешения Юго-Западным очистным сооружениям»

**О.Н. Рублевская, директор Департамента технологического развития и охраны окружающей среды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»<sup>1</sup>**

**И.В. Алексеева, заместитель директора Департамента технологического развития и охраны окружающей среды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»<sup>2</sup>**

**Т.И. Лысова, ведущий специалист 1 категории Департамента технологического развития и охраны окружающей среды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»<sup>3</sup>**

**Рис. 1.**  
**Церемония открытия ЮЗОС (2005 г.)**



Юго-Западные очистные сооружения (ЮЗОС), входящие в структуру ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», обеспечивают приём и очистку хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, а также поверхностного стока с юго-западной части города Санкт-Петербурга (включая входящие в его состав населенные пункты). В зоне обслуживания ЮЗОС проживает около 880 тыс. человек.

Проектная производительность ЮЗОС 330 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Они введены в работу в 2005 г., являются одними из самых крупных современных отдельно расположенных очистных сооружений, построенных в Российской Федерации. ЮЗОС – один из важнейших объектов в национальной программе выполнения положений Хельсинской конвенции (ХЕЛКОМ)<sup>4</sup> и были созданы в тесном техническом и финансовом сотрудничестве со странами Балтийского моря.

В соответствии с Проектом Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении перечня 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 процентов» (подготовлен Минприроды России 14.04.2016) Юго-Западные очистные сооружения включены в список.

ЮЗОС были выбраны в качестве объекта для деловой игры по выдаче комплексного экологического разрешения, как сооружения, которые, с одной стороны, показывают

<sup>1</sup> Рублевская Ольга Николаевна, Rublevskaya\_ON@vodokanal.spb.ru.

<sup>2</sup> Алексеева Ирина Викторовна, Alekseeva\_IV@vodokanal.spb.ru.

<sup>3</sup> Лысова Татьяна Иосифовна, Lisova\_TI@vodokanal.spb.ru.

<sup>4</sup> Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря одобрена Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 октября 1998 года № 1202.



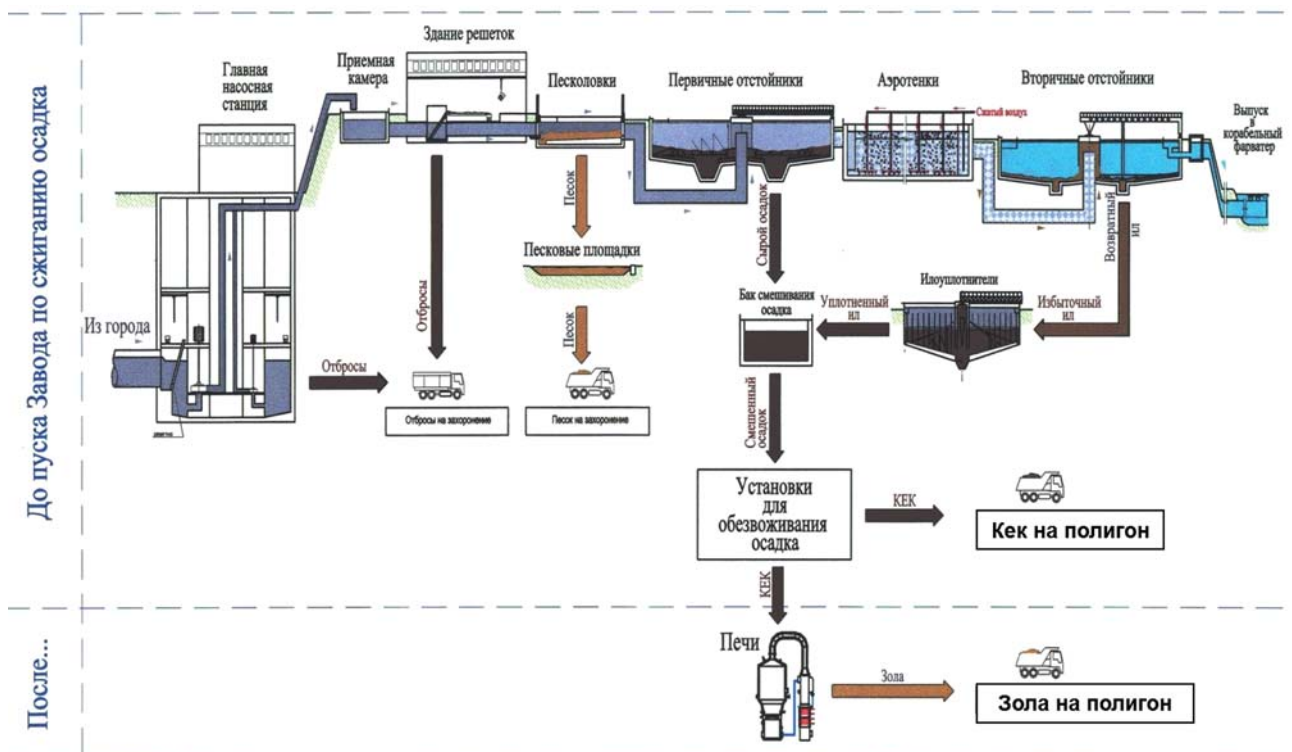


**Рис. 2.**  
**Общий вид станции. Движение**  
**сточных вод – слева направо.**  
**Четыре опорожненные**  
**радиальные емкости на переднем**  
**плане – усреднители расхода**

высокие возможности современных технологий, а, с другой стороны – имеют сложности при достижении жестких нормативов ХЕЛКОМ.

Технологическая схема очистки сточных вод на станции является классической (см. рис. 3) и включает решетки (рис. 4), песколовки, первичные отстойники, аэротенки, рассчитанные на удаление азота и фосфора, вторичные отстойники, УФ обеззараживание. Весь осадок подвергается механическому обезвоживанию на центрифугах и сжигается в печах, с тщательной очисткой дымовых газов.

**Рис. 3.**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА**







**Рис. 4.**  
**РЕШЕТКИ В ОТДЕЛЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ**

На стадии биологической очистки использован модифицированный процесс Кейптаунского университета МУСТ<sup>5</sup> (рис. 5), один из наиболее оптимизированных для биологического удаления фосфора из низкоконцентрированных по органическим загрязнений сточных вод с невысоким соотношением БПК/азот и БПК/фосфор<sup>6</sup>. В основе биологического удаления фосфора, как известно, лежит способность отдельных групп микроорганизмов (так называемые фосфораккумулирующих организмов, ФАО) потреблять его в несколько раз больше, чем им нужно для прироста, в результате создания энергетического «депо». Их специфический механизм организации запаса энергии в клетках работает за счет накопления в ней полифосфатов в количествах до 20–30 % фосфора от сухого вещества клеток данных бактерий и до 5–7 % от сухого вещества ила в целом.

Для своего питания ФАО способны потреблять только летучие жирные кислоты (ЛЖК). Эти вещества поглощаются ФАО

в анаэробной зоне, без окисления, с преобразованием их во внутриклеточное полимерное соединение, с выделением при этом в жидкую фазу фосфатов в результате распада полифосфата, дающего клеткам ФАО энергию на поглощение и биохимическую трансформацию ЛЖК. Окисление органических соединений, образующихся в анаэробных условиях, производится позже, при попадании иловой смеси в аэробные условия. Этот процесс сопровождается построением новых полифосфатных полимеров с «жадным» поглощением фосфора.

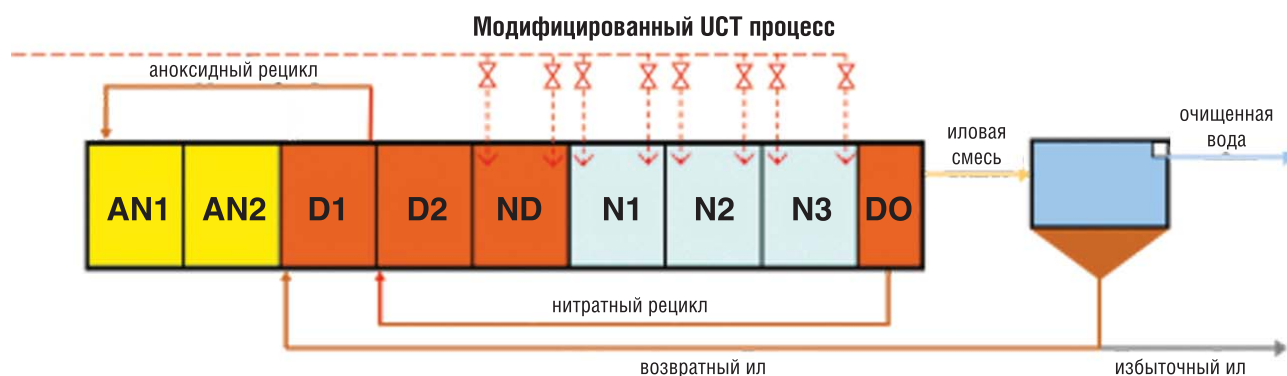
Из биохимии жизнедеятельности ФО вытекают два важнейших условия для успешной реализации технологий с их участием:

- в анаэробной зоне в составе загрязнений сточных вод должны присутствовать ЛЖК в достаточном количестве,
- в анаэробной зоне не должно быть никаких окислителей, в том числе нитратов, иначе ЛЖК будут потреблены на месте денитрификаторами.

Вначале ЮЗОС были рассчитаны только на биологическое удаление фосфора. Однако, общесплавной характер системы канализования ЮЗОС и невысокие концентрации ЛЖК в поступающей воде не позволили в полной мере надежно удалять фосфор. В то же время были ужесточены требования к удалению фосфора при сбросах в Балтийское море. В связи с этим уже в 2008–2009 гг. технология была дополнена узлом дозирования реагента (сернокислый алюминий) для дополнительного осаждения фосфатов (рис. 6). Позднее была модифицирована технология первичного отстаивания, с внедрением процесса ацидофикации сырого осадка (путем рециркуляции осадка в поступающий поток сточных вод). Это позволило повысить возможности биоудаления фосфора.

<sup>5</sup> Процесс МУСТ описан в ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов» в разделе 4.2.1.2.1.5 «Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота, с биологическим удалением фосфора».

<sup>6</sup> Подробнее о биологическом удалении фосфора см.: Данилович Д.А. Блок удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – этапы внедрения современных технологий. НДТ. 2014. № 2. С. 20–37; Эпов А.Н., Канунникова М.А. Разработка типовых решений по автоматизации процессов биологической очистки сточных вод с совместным удалением азота и фосфора. НДТ. 2014. № 3. С. 40–54.



**Рис. 5. Технология МУСТ биологического удаления азота и фосфора, примененная на ЮЗОС**

На схеме:

**AN1, AN2** – два отделения анаэробной зоны;

**D1, D2** – два отделения зоны денитрификации, причем в первой (D1) осуществляется денитрификация нитратов, попавших в эту зону с рециклом возвратного ила, а во второй (D2) – денитрификация нитратов, поданных с внутренним (нитратным рециклом). Наличие двух функционально различных зон денитрификации имеет своей целью гарантировать непопадание нитратов в анаэробную зону. Даже при неблагоприятном соотношении БПК/азот органических веществ сточных вод безусловно достаточно для денитрификации потока иловой смеси, подаваемого в анаэробную зону (на схеме указан как аноксидный рецикл);

**ND** – зона, которая может использоваться и как продолжение денитрификатора, и как начало нитрификатора, в зависимости от технологической потребности, в частности, температуры и состава сточных вод;

**N1, N2, N3** – три отделения зоны нитрификации, с различной подачей воздуха в каждую (по убыванию);

**DO** – зона без аэрации, предназначенная для снижения концентрации растворенного кислорода в результате его потребления иловой смесью, чтобы предотвратить его заброс в зону денитрификации с внутренним нитратным рециклом

**Рис. 6.**

**Общий вид сооружений биологической очистки**





**Рис. 7. Суточные расходы сточных вод на ЮЗОС за 2016 г.**

Таким образом, на ЮЗОС приняты все технологически доступные меры для глубокого удаления фосфора до требований ХЕЛКОМ:

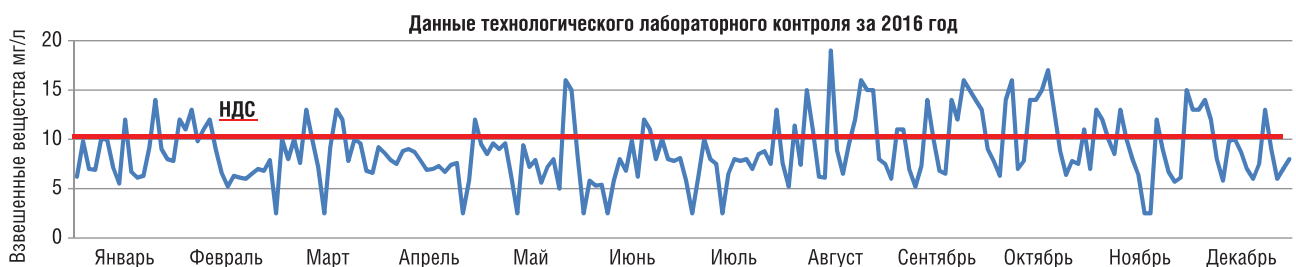
- оптимальная для состава сточных вод технология;
- необходимая подготовка сточных вод (ацидофикация);
- гарантирующее результат химическое осаждение.

Эксплуатация ЮЗОС осуществляется в очень непростых условиях общесплавной канализации. Степень неравномерности притока иллюстрирует рис. 7. Как видно, в течение года было отмечено около 15 дней с расходами около 500 тыс. м³/сут, в 2,5 раза превышающими обычный приток на станцию и в 1,5 раза – проектный номинал станции. Еще примерно такое же число дней характеризуется притоками на уровне 400 тыс. м³/сут, с превышением номинала на 20 %.

Это порождает существенную неравномерность выноса взвешенных веществ (см. рис. 8) от весьма низкой их концентрации в сухую погоду, составляющую 4–7 мг/л, что можно считать нижним пределом достижимого на вторичных отстойниках. Следует отметить, что, по меркам ЕС, для общесплавных ОС максимальный вынос взвешенных веществ в пределах 16–18 мг/л даже при максимальных притоках – это очень хороший результат.

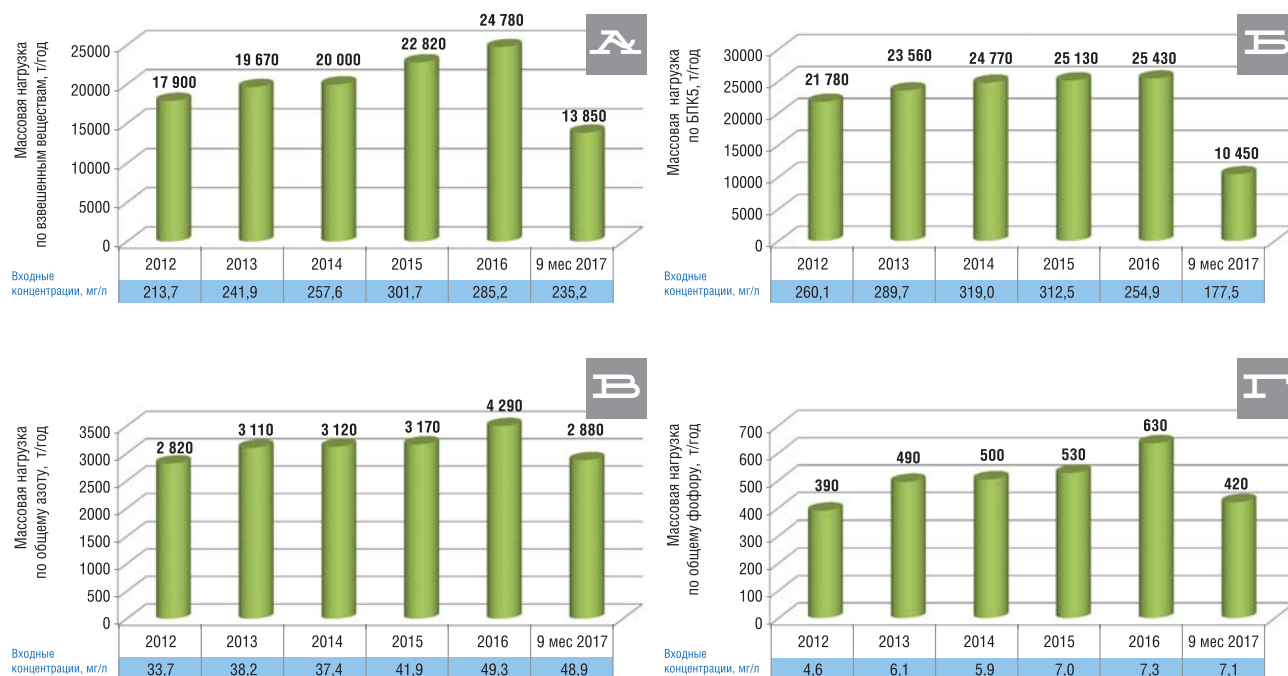
Однако вынос взвешенных веществ непосредственно влияет на концентрацию в очищенной воде общего фосфора<sup>7</sup>, поэтому руководство ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» видит в качестве пути гарантированного достижения всех нормативных требований устройство сооружений доочистки.

**Рис. 8. Вынос взвешенных веществ с очищенной водой**



<sup>7</sup> Подробнее см. на с. 10 статью Данилович Д.А., Эпов А.Н., Рублевская О.Н. Оценка соответствия коммунальных очистных сооружений требованиям НДТ: пример Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»





**Рис. 9. Динамика массовой нагрузки на ЮЗОС по основным загрязнителям**

Нельзя не обратить внимание на ежегодное усложнение условий работы ЮЗОС по причине роста массовой нагрузки на станцию (рис. 9, а–г). Только за 4 года, с 2012 г. по 2016 г., получен прирост нагрузки по взвеси и азоту на 35–40 %, по фосфору – на 60 %, а по БПК<sub>5</sub> – всего на 17 %. И это при примерно постоянном притоке сточных вод за этот период. Причины столь бурного роста загрязненности сточных вод в настоящее время связано с увеличением численности населения как в зоне канализования ЮЗОС, так и в целом по городу. При этом падение удельного водопотребления

(до 129 л чел./сут за 2016 год) сглаживает изменение объемов водоотведения. Что касается фосфора, то однозначно можно говорить о негативной роли средств бытовой химии с высоким содержанием фосфатов.

Таким образом, высокий технологический уровень и самые современные технические решения на ЮЗОС отнюдь не гарантируют легкой жизни при достижении высоких результатов очистки. Эта задача решается каждый год ценой все больших усилий, требуя постоянного внимания к эксплуатации каждого из узлов сооружений. ●

# Оценка соответствия коммунальных очистных сооружений требованиям НДТ: пример Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

*(по материалам деловой игры «Выдача комплексного экологического разрешения Юго-Западным очистным сооружениям»)*

**Д.А. Данилович,**  
канд. техн. наук,  
руководитель Центра  
технической политики  
и модернизации в ЖКХ  
Ассоциации ЖКХ  
«Развитие», эксперт-  
директор журнала «НДТ»,  
координатор технической  
рабочей группы ТРГ 10  
Бюро НДТ

**А.Н. Эпов,**  
главный технический  
специалист  
ООО «Домкопстрой»

**О.Н. Рублевская,**  
директор департамента  
технологического  
развития и охраны  
окружающей среды  
ГУП «Водоканал Санкт-  
Петербурга»

**Т.И. Лысова,**  
ведущий специалист  
1 категории департамента  
технологического развития  
и охраны окружающей среды  
ГУП «Водоканал Санкт-  
Петербурга»

Деловые игры (ДИ) проводятся в 2016–2017 гг. на предприятиях различных отраслей промышленности в порядке обсуждения проектов нормативных правовых актов, устанавливающих требования к выдаче комплексных экологических разрешений (КЭР) предприятиям, относимым к I категории негативного воздействия на окружающую среду. Такие разрешения будут выдаваться, прежде всего, по результатам оценки соблюдения предприятиями требований наилучших доступных технологий (НДТ) для соответствующих областей деятельности.

Первая в отрасли ДИ была проведена на Люберецких очистных сооружениях АО «Мосводоканал» в июне этого года<sup>1</sup>. В ноябре состоялась ДИ в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», посвященная выдаче КЭР Юго-Западным очистным сооружениям.

Водоканал Санкт-Петербурга обладает особой компетентностью в области технологического нормирования. Прообразом получения КЭР с выдачей технологических нормативов сброса был пилотный проект 1998–2002 гг. «Наилучшая существующая технология и система технологического нормирования в соответствии с рекомендациями “HELCOM”, как основа для улучшения состояния окружающей среды», состоявшийся при поддержке Госкомэкологии России, министерства окружающей среды Финляндии и шведского агентства по охране окружающей среды. В рамках этого проекта в форме деловой игры Шведским Природоохранным судом была апробирована процедура выдачи разрешения на сброс для канализационных очистных сооружений (КОС) г. Пушкин, в процессе которой были утверждены программа модернизации и технологические нормативы сброса для этих КОС. Была проведена совместная работа по определению требований к процедуре получения разрешения с непосредственным участием представителей всех заинтересованных

<sup>1</sup> Подробнее см. Данилович Д.А., Эпов А.Н. Оценка соответствия коммунальных очистных сооружений требованиям НДТ при выдаче комплексного экологического разрешения. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 4. С. 16–28.



**Рис. 1.**  
**Во время деловой игры**  
**в Санкт-Петербурге**

надзорных органов: «Ленкомэкологии», органов рыболовства, Роспотребнадзора, Невско-Ладожского бассейнового управления. Итогом почти двухлетней работы стало согласованное для КОС г. Пушкин всеми надзорными органами разрешение на сброс, в котором были установлены нормативы качества сточных вод на основе технологических показателей НДТ (на срок реализации мероприятий программы модернизации КОС).

В большинстве стран ЕС сбросы коммунальных очистных сооружений в настоящее время нормируются, как известно, по другой, более простой системе, не использующей непосредственно понятие НДТ [1].

В июле 2014 года, когда был принят закон Федеральный закон № 219-ФЗ, определивший направления и сроки перехода Российской Федерации на технологическое нормирование, оказалось, что участники упомянутого пилотного проекта в Санкт-Петербурге были правы в своем предвидении: наша отрасль оказалась отнесена к отраслям, регулируемым на основе технологических показателей НДТ.

В 2017 г. как и на ДИ в АО «Мосводоканал», в Санкт-Петербурге одной из основных тем мероприятия стала экспертная оценка соответствия объекта требованиям НДТ, изложенным в информационно-техническом справочнике по НДТ ИТС10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения

**АНАЛИЗ**  
**НА СООТВЕТСТВИЕ НДТ**





**Рис. 2.**  
**ЭКСПЕРТ ПО НДТ А.Н. Эпов – участник деловой игры**

**Рис. 3.**  
**ОРГАНИЗАТОР И ВЕДУЩИЙ ДЕЛОВЫХ ИГР ПО ВЫДАЧЕ КЭР В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ Т.В. ГУСЕВА МОДЕРИРУЕТ ДЕЛОВУЮ ИГРУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**



поселений городских округов» [2]. По сценарию ДИ оценка была проведена от лица эксперта, привлеченным Департаментом Росприроднадзора по Северо-Западному федеральному округу. Предполагается, что территориальные органы Росприроднадзора будут обращаться к помощи экспертов в области НДТ, так как эта сфера технологического регулирования в области охраны окружающей среды является новой для надзорных органов.

Предлагаем вниманию читателей материал экспертной оценки с дополнительными комментариями. Ожидается, что аналогичная оценка будет проводиться экспертами, рекомендованными Бюро НДТ, в реальной процедуре получения комплексного экологического разрешения, начиная с 2019 г. [3, 4]. О процедуре получения КЭР журнал подробно писал в 2017 г.<sup>2</sup>

Информацию о Юго-Западных очистных сооружениях (ЮЗОС) см. на с. 4–9.

<sup>2</sup> См. Комплексное экологическое разрешение: деловые игры как инструмент выработки порядка их получения. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 4. С. 6–10.

Работа по экспертной оценке основывалась на разделе 5 ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов», содержащем описание 75 отдельных НДТ, сгруппированных в 16 групп. В соответствии с ИТС 10-2015, значительная часть этих НДТ применима к очистным сооружениям (ОС) в соответствии с их фактической производительностью по сточным водам (справочник подразделил все ОС на 8 групп) и категорией водного объекта, куда производится сброс очищенных вод. По этой классификации ЮЗОС, которые обслуживают около 1160 тыс. эквивалентных жителей<sup>3</sup> и на которые поступает около 240 тыс. м<sup>3</sup>/сут, относятся к категории «Крупнейшие» (ЭЧЖ 1–3 млн, приток 200–600 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

Сброс очищенных сточных вод происходит в Невскую Губу Финского залива Балтийского моря. Это обстоятельство предъявляет серьезные требования к работе как ЮЗОС, так и всех ОС ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», так как с 1998 г. Россия присоединилась к Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря (Хельсинская конвенция) [5]. Руководящим органом Конвенции является Хельсинкская Комиссия – Комиссия по охране морской природной среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ), которая, в частности, принимает рекомендации по требованиям к сбросам, выбросам предприятий различных отраслей промышленности. По классификации, приведенной в рекомендации ХЕЛКОМ № 28Е/5 «Очистка городских сточных вод» ЮЗОС относится к очистным сооружениям, обслуживающим более 100 тыс. ЭЧЖ.

Балтийское море относится к категории водных объектов Б согласно ГОСТ Р 56828.12–2016 [6].

Согласно ИТС10-2015 для очистных сооружений общесплавной канализации категории «Крупнейшие», по применимости действуют следующие НДТ: 1–4 (универсальные), 7 (конкретнее, исходя из категории водного объекта – 7 е–з), 10–15.

Соответствие этим НДТ являлось предметом оценки при подготовке и в ходе ДИ.

Для удобства восприятия НДТ, на соответствие которым проанализирована деятельность ОС, сгруппированы по направленности их требований.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ОС, ФОРМИРОВАНИЮ СТОЧНЫХ ВОД И КОНТРОЛЮ

### НДТ 1

НДТ в части планирования инвестиций и выдачи заданий на проектирование, на модернизацию и развитие существующих ОС ГСВ является определение перспективных расходов на основании фактических данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения.

Документы по развитию системы водоотведения Санкт-Петербурга в полной мере соответствуют НДТ 1, таким образом, она выполнена и для ЮЗОС.

### НДТ 2

НДТ в части контроля формирования состава сточных вод, не относящихся к жилому сектору.

В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» ведется надлежащая работа с абонентами, поэтому НДТ 2 для ЮЗОС выполняется.

### НДТ 3

НДТ в части методов контроля поступающих на очистные сооружения сточных вод и сброса очищенных сточных вод.

Выполняется на ЮЗОС в полном объеме.

### НДТ 13

НДТ в части управления процессом и качеством очистки (наличие и использование технологического регламента, квалифицированного персонала или договора сервисного обслуживания с квалифицированной организацией, наличие и исполнение программы производственного контроля работы сооружений, надлежащие фиксация, хранение, технологический анализ ее результатов).

Выполняется на ЮЗОС в полном объеме.

<sup>3</sup> Эквивалентное число жителей (ЭЧЖ) – суточная масса поступающих на ОС органических загрязнений по БПК<sub>5</sub>, кг/сут, отнесенная к количеству БПК<sub>5</sub> от одного условного жителя (0,06 кг/сут. от эквивалентного жителя).



**Рис. 4.**  
**Рублевская О.Н. проводит техническую экскурсию для участников деловой игры**

## ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Ключевыми для любых ОС городских сточных вод (ГСВ) являются НДТ 4 и НДТ 7, а также НДТ 9 (если в ее применении есть необходимость). НДТ 4 устанавливает общие требования к наличию технологических стадий очистки (с учетом условий применимости), НДТ 7 – конкретизирует уровень необходимых технологий биологической очистки и достигаемых технологических показателей.

### НДТ 4

НДТ в части применения надлежащих технологий очистки ГСВ является использование всех (с учетом применимости) технологий, перечисленных в табл. 3.

Наряду с требованиями табл. 3, при оценке ЮЗОС целесообразно также принимать во внимание, что они получают сточные воды от районов, канализованной по общесплавной системе и являются, в том числе, очистными сооружениями поверхностного стока данных районов города. Согласно ИТС 10-2015, это не меняет подходов к очистке сточных вод, однако, целесообразно учесть ряд положений НДТ 5, а именно НДТ 5 в-д: аккумулярование и усреднение загрязненной части поступающего расхода (может быть совмещено с механической очисткой).

**Таблица 3.**  
**НДТ 4**

№	Технология/метод	Выполнение на ЮЗОС
а	Удаление грубодисперсных примесей из сточных вод до основных технологических стадий очистки	Выполняется
б	Отмывка отходов от взвешенных веществ с целью повысить их стабильность и сократить негативное воздействие на окружающую среду	Выполняется
в	Освещение сточных вод в пределах, не ухудшающих удаление азота и фосфора при последующей биологической очистке	Выполняется
г	Биологическая очистка, соответствующая крупности объекта и условиям сброса (в соответствии с НДТ 7 и НДТ 8)	См. ниже-
д	Доочистка (третичная очистка), в соответствии с НДТ 9	Для ЮЗОС не требуется (см. ниже)
е	Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих	Не применимо к ЮЗОС
ж	Обеззараживание очищенных вод с использованием УФ-облучения, либо гипохлоритом натрия или иными хлореагентами (не хлором)	Для условий ЮЗОС по критерию производительности применимо только УФ-облучение. Это требование выполняется в полном объеме



При строительстве ЮЗОС были предусмотрены 4 регулирующих резервуара, для накопления стоков в периоды очень высоких пиковых расходов сточных вод во время ливневых дождей. Регулирующие резервуары расположены после решеток и песколовок (соответствует НДТ 5 в,г) и перед последующим отстаиванием стока (НДТ 5 д). Это решение, принятое при проектировании и строительстве сооружений, следует расценивать, как безусловно правильное, т.к. оно не только позволило хотя бы частично сглаживать пиковые расходы при поступлении поверхностного стока, но и обеспечило выполнение НДТ 4 в (осветление сточных вод в пределах, не ухудшающих удаление азота и фосфора при последующей биологической очистке). С учетом того, что расчет системы водоотведения и, в том числе, объемов буферных резервуаров производился с учетом расчетного дождя  $P=0,5$  года (2 раза в год) и слое осадков 18 мм за 20 минут, объема регулирующих емкостей при сегодняшней тенденции увеличения интенсивности выпадения осадков не достаточно.

За последние 8 лет в Санкт-Петербурге регистрируется тенденция к увеличению уровня выпадающих осадков. Например, самым дождливым был 2009 г.: выпало 807,8 мм осадков при среднестатистическом значении для Санкт-Петербурга 720 мм.

Также увеличивается и суточный уровень осадков. 1 июля 2013 г. выпало 33 мм осадков, что составило 53 % среднемесячной нормы осадков по Санкт-Петербургу. В целом, очистные сооружения города за 1 июля 2013 г. пропустили в 2 раза больше обычного – 3,9 млн  $m^3$ . И это не предел: в весенний период активного снеготаяния (вто-

рая неделя апреля 2013 г.) было перекачано в 2,5 раза больше нормы. Очень дождливым стал и 2016 г. – выпало 801,5 мм осадков.

При этом зафиксированы случаи, когда в течение суток (например, 16.06.2016) выпадало несколько сильных дождей. Суммарный уровень трех дождей составил 36,9 мм/сут, в результате чего очистные сооружения города пропустили 3,2 млн  $m^3$ /сут.

Также необходимо отметить, что, учитывая тенденцию к уменьшению соотношения БПК/азот в поступающей сточной воде, для достижения высокой эффективности по удалению азота и фосфора на ЮЗОС было необходимо сокращать время первичного отстаивания. Теоретически возможен и отказ от этого процесса, однако поверхностные стоки содержат большое количество взвешенных веществ с низкой биоокисляемостью. Попадание этой взвеси в аэротенки не улучшит удаление биогенных веществ, а только увеличит прирост ила, что отрицательно скажется на величине его возраста. В условиях общесплавной системы канализации предпочтительно сохранение первичного отстаивания с уменьшенным временем пребывания и с получением необходимой легкоокисляемой органики в процессе ацидофикации осадка, что и было реализовано на ЮЗОС.

## НДТ 7 Б-3

НДТ в части применения надлежащих технологий биологической очистки на объектах ОС ГСВ, начиная с больших [2], является использование одной из технологий, перечисленных в табл. 4, с учетом условий применимости для условий ЮЗОС.

**Таблица 4.**  
**НДТ 7 Б-3**

№	Технология	Область применения как НДТ (при использовании в качестве заключительной стадии очистки)
7е	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора с ацидофикацией	Для ОС ГСВ, начиная с больших, со сбросом в водные объекты категории Б
7ж	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора	
7з	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией	

Технологический смысл перечисленных технологий 7 е–з (их список не исчерпывающий, а примерный, ссылочный) заключается в том, что при сбросе в водной объект категории Б, являющийся эвтрофированным, следует использовать технологии удаления азота и фосфора, усиленные в части гарантированного достижения более низких концентраций фосфора фосфатов. Любая примененная технология должна обеспечивать соблюдение значений технологических показателей, указанных в ИТС 10-2015.

На ЮЗОС используется технология, которую можно классифицировать как 7е – наиболее эффективная из всех групп технологий биологической очистки с удалением азота и фосфора, определенных как НДТ в ИТС 10-2015. В ней используются сразу два метода повышения глубины дефосфотации: ацидофикация для улучшения биологического поглощения илом и реагентное осаждение с целью снижения нагрузки на биологическую ступень очистки и обеспечения гарантированного результата.

Однако для условий ЮЗОС требования к технологическим показателям должны применяться с учетом требований ХЕЛКОМ. В ИТС 10-2015 указано в примечании к таблице с технологическими показателями НДТ 7: «При сбросе в водный объект, подпадающий под действие международных соглашений, требования соглашений применяются, в тех случаях, когда они жестче данных показателей, либо предъявляются по иным веществам (показателям)». В данной ситуации как раз требования предъявляются по иным показателям, однако, они косвенно влияют и на другие показатели, указанные в ИТС.

В табл. 5 приведено соотношение технологических показателей НДТ 7 е–з и требований ХЕЛКОМ.

Таким образом, нормы ХЕЛКОМ весьма существенно ужесточают технологические показатели для НДТ 7 е–з по фосфору. Дело в том, что показатель «Общий фосфор» ( $P_{\text{общ}}$ ) включает в себя все формы фосфора, в том числе, нормируемый в технологических показателях минеральный фосфор (фосфор фосфатов), кроме него, также все формы

органического фосфора, в том числе содержащегося во взвешенных веществах избыточного активного ила, а также в растворенных бионеразлагаемых органических веществах, оставшихся в воде после биологической очистки. На практике, для глубоко очищенных сточных вод сооружений, работающих с удалением азота и фосфора, значение  $P_{\text{общ}}$  при выносе взвеси 5–8 мг/л превышает  $P-PO_4$  на 0,2–0,3 мг/л. Необходимо учитывать, что содержание фосфора в таких илах (как при химическом, так и при биологическом удалении фосфора) существенно выше, чем в обычных и достигает 3–4 % против 1,0–1,5 %.

ХЕЛКОМ сейчас установил очень жесткий норматив по фосфору – 0,5 мг/л по  $P_{\text{общ}}$ , эта величина трактуется как максимальное значение. С учетом указанной разницы, для получения такого значения надо контролировать содержание  $P-PO_4$  в пределах 0,3 мг/л, причем по максимальному значению. В результате получается, что ХЕЛКОМ, с одной стороны, не предъявляет к сбросу взвешенных веществ никаких прямых требований, а, с другой стороны, предъявляет жесточайшие косвенные требования, так как, чтобы соблюдать норму  $P_{\text{общ}}$  0,5 мг/л как максимальную, необходимо контролировать концентрацию взвешенных веществ в очень жестких пределах, желательно, не более 3 мг/л, максимум 5 мг/л. В табл. 5 в графе «совокупные требования» эти косвенные рекомендуемые нормативы указаны в скобках.

Из табл. 5 видно, что норматив ХЕЛКОМ на ЮЗОС выполняется, но, совсем без запаса. И не во всех пробах, т.к. бассейн ЮЗОС общесплавной, что провоцирует сильнейшие пиковые нагрузки при сильных ливнях.

Показатель  $N_{\text{общ}}$  по ХЕЛКОМ для ОС, обслуживающих свыше 100 тыс. ЭЧЖ не отличается от норм ЕС [1] для уязвимых водных объектов – 10 мг/л. Рассмотрим, как эта величина соотносится с технологическими показателями ИТС 10-2015. Сумма технологических показателей минеральных форм азота по ИТС для технологии 7 е–з составляет 10,1 мг/л. Эти показатели не учитывают органический азот, который, также как и органический фосфор, входит в состав

выносимой взвеси (около 5 %), и нерастворенных органических веществ. По европейским данным, при весьма высокой нормируемой взвеси (до 25 мг/л) органический азот принимается в расчетах в пределах 2 мг/л. Полагаем, что при тех величинах выноса взвеси, которые характерны для ЮЗОС, можно эту величину считать не превышающей 1,3 мг/л. С учетом этого норма ХЕЛКОМ жестче суммы норм технологических показателей для НДТ 7 е–з примерно на 15 %. Достижение этого норматива возможно за счет более глубокой денитрификации – с содержанием азота нитратов не выше 7,5 мг/л.

**Таблица 5.**  
**Совокупные требования**  
**к качеству очищенной**  
**воды, сбрасываемой**  
**с ЮЗОС, в сравнении**  
**с фактическим качеством**

Технологический показатель	Ед. изм.	Значения для условий ЮЗОС*				
		фактические, за 2016 г.		технологические показатели НДТ 7 е–з	требования рекомендации ХЕЛКОМ <sup>4</sup> , для концентраций, мг/л (максимальные значения)	совокупные требования для ЮЗОС
		средние	максимальные			
Концентрация взвешенных веществ, не более	мг/л	3	9	10	нн	(5)**
Концентрация ХПК	мг/л	28	54	80	нн	80
Снижение концентрации БПК <sub>5</sub> , не менее	%	99	–	нн	80	80
Или, концентрация БПК <sub>5</sub> не более (для нормативов ХЕЛКОМ – опционально, или концентрация, или % снижения)	мг/л	2	4	8	15	8
Снижение концентрации общего азота, не менее	%	86	–	нн	70	70
Или, концентрация общего азота, не более	мг/л	7	10	нн	10	10
Концентрация азота аммонийного	мг/л	0,8	2,6	1	нн	1
Концентрация азота нитратов	мг/л	4,4	8	9	нн	(7,5)**
Концентрация азота нитритов	мг/л	<b>0,17</b>	–	0,1	нн	0,1
Снижение концентрации общего фосфора, не менее	%	97	–	нн	90	90
Или, концентрация общего фосфора, не более	мг/л	0,23	0,5***	нн	0,5	0,5
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	0,06	0,22	0,7	нн	(0,3)**

\* Если не указано иное, то подразумевается среднегодовое значение. Рекомендации ХЕЛКОМ и технологические показатели ИТС 10-2015 имеют различную требуемую обеспеченность. Значения в рекомендациях ХЕЛКОМ понимаются как максимальные применительно к концентрациям загрязняющих веществ и как минимальные применительно к эффективности их удаления.

\*\* В скобках приведены косвенные (рекомендуемые) нормативы, не установленные напрямую, но обеспечивающие соблюдение других, установленных нормативных показателей, в силу взаимосвязи между ними.

\*\*\* В 96 % проб, кроме дней с максимальными притоками.

<sup>4</sup> 28Е/5 от 15.11.2007 «Очистка городских сточных вод».



Что касается азота аммонийного, несмотря на то, что его среднегодовая величина (0,8 мг/дм<sup>3</sup>) «укладывается» в требования ИТС 10-2015 (1,0 мг/дм<sup>3</sup>), имеются пиковые «проскоки» до 2,6 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация азота нитритов на ЮЗОС составляет 0,17 мг/л, что превышает значение, установленное табл. 5.7 ИТС 10-2015, равное 0,1 мг/л.

Таким образом, несмотря на весьма благоприятную ситуацию, ЮЗОС нуждается в снижении содержания общего азота примерно на 20 %, содержания азота нитритов на 70 % и, также, в повышении надежности удаления общего фосфора. По результатам анализа выполнения совокупных требований к сбросам ЮЗОС был сделан вывод, что разработка программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ) необходима. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» планирует в составе мероприятий ППЭЭ строительство сооружений доочистки.

Это предложение следует поддержать, так как доочистка, даже при максимальных притоках сточных вод на ОС, позволит:

- не только гарантировать содержание общего фосфора в очищенной воде, но и снизить расход реагента для осаждения фосфатов за счет работы с более низким стехиометрических соотношением алюминий: фосфор;
- сократить вынос органического азота за счет контроля выноса взвеси;

- существенно увеличить дозу ила в аэротенках и, соответственно, аэробный возраст ила, что будет способствовать:

- обеспечению стабильно глубокой нитрификации, в том числе и увеличению глубины протекания ее второй фазы, что позволит снизить остаточную концентрацию азота нитритов;
- увеличению количества органического вещества, доступного для денитрификации в процессе эндогенного дыхания (окисления биомассы ила).

- снизить затраты (электроэнергии, химреагентов и др.) на процесс обеззараживания (необходимая мощность УФ облучения в значительной степени определяется концентраций взвешенных веществ).

Таким образом, внедрение доочистки позволит достичь всех технологических целей в области очистки сточных вод, стоящих перед ЮЗОС, в том числе для выполнения ППЭЭ.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАБОТКЕ ОСАДКА, ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВЫ

### НДТ 10

НДТ в части сокращения массы образующегося на ОС осадка.

Масштабу ЮЗОС соответствует единственная технология как НДТ – механическое обезвоживание. Она в полном объеме реализована с применением центрифуг<sup>5</sup>.

Технологические показатели НДТ 10 и фактические значения для ЮЗОС сопоставлены в табл. 6.

Таблица 6.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НДТ 10 И ФАКТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЮЗОС

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не менее	Фактическое значение на ЮЗОС
Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке: (при обезвоживании смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила)	%	25	25 (28–23)
Концентрация взвешенных веществ в фильтрате	мг/л	500	Менее 500

<sup>5</sup> Подробнее см. Рублевская О.Н. 40 лет применения центрифуг на очистных сооружениях Ленинграда – Санкт-Петербурга. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 1. С. 32–38.

## НДТ 11

НДТ в части стабилизации органического вещества осадка является использование одной из технологий, с учетом условий применимости: анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза, компостирование, термическая сушка, сжигание.

На ЮЗОС работает завод по сжиганию, что полностью соответствует внедрению данной НДТ.

## НДТ 12

НДТ в части обработки осадка сточных вод ОС ГСВ является недопущение значительной рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки, как с помощью применяемых технологий обработки осадка, так и с использованием, при необходимости, технологий локальной очистки возвратных потоков.

Согласно ИТС 10-2015 доля дополнительной нагрузки в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки от нагрузки со сточными водами, поступающими от населенного пункта по взвешенным веществам, фосфору фосфатов, аммонийному азоту, не должна превышать 10 % по среднегодовому значению.

На ЮЗОС рециркуляция загрязнений не превышает 5 %.

## НДТ 16

НДТ в части предотвращения загрязнения почв используется в полном объеме. Обезвоженные осадки хранятся в герметичных бункерах, ливневые сточные воды с площадки ОС собираются и очищаются.

**Рис. 5.**  
**Вопросы в ходе деловой игры**



**Таблица 7.  
НДТ 7**

№	Технология/метод	Фактическое значение на ЮЗОС
а	Использование для подачи воздуха в азротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных в табл. 5.21 [2].	Применяются воздухоподувки с КПД 88 % (минимальное значение в табл. 5.21 [2] – 80 %).
б	Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в азротенках не более установленных в таблице 5.21 [2].	Применяется, используемые воздухоподувки являются регулируемые. В результате на 1 кг кислородсодержащих веществ* потребляется 0,31 кг/кВт·ч, при нормативе 0,7. Это значение близко к техническому пределу.
в	Применение автоматического управления подачей воздуха в сооружения биологической очистки по данным непрерывного контроля концентрации растворенного кислорода в этих сооружениях.	Применяется.
г	Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных в табл. 5.21 [2].	Удельное потребление реагента 0,2 кг/кг удаленного фосфора (максимальное значение при использовании солей алюминия в табл. 5.21 [2]). Это означает, что доля биологического удаления фосфора на ЮЗОС более 80 %.
д	Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов.	Применяется в полном объеме.
е	Получение в результате процессов обработки осадка побочной продукции.	Энергогенерация за счет сжигания осадка.
ж	Повторное использование очищенной воды для полива в засушливых регионах.	Не применимо.

\* Согласно ИТС 10-2015, масса кислородпотребляющих веществ (кислородный эквивалент, КЭ) рассчитывается по формуле  

$$КЭ = 4,6C_{N-H_2} + C_{BPKS}$$

## ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ, СЫРЬЯ И ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

### НДТ 14

НДТ в части управления энергоносителями, сырьем и побочной продукцией при очистке ГСВ является использование всех методов, перечисленных в табл. 7, с учетом применимости.

## ТРЕБОВАНИЯ К МИНИМИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

### НДТ 15

К обязательным для всех ОС НДТ в части предотвращения загрязнения воздушной среды является недопущение возникновения в сооружениях очистки сточных

вод застойных зон и участков, где может гнить осадок с выделением метана в атмосферу, а также очистка выбросов от установок сушки и сжигания осадка. На ЮЗОС эти технологии соблюдаются, результаты очистки выбросов от завода по сжиганию соответствуют как нормам ЕС, так и показателям НДТ ИТС 9-2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)».

Остальные мероприятия (перекрытие сооружений, очистка других выбросов) предписываются ИТС 10-2015 только в случае, если при недостаточном размере фактической санитарно-защитной зоны имеются жалобы.

Санитарно-защитная зоны ЮЗОС, установленная в размере 210 м, соблюдается. Имеется несколько жалоб на запахи



из районов, расположенных на удалении нескольких километров от ЮЗОС, однако, в данном регионе присутствует ряд других объектов (две несанкционированные свалки бытовых и строительных отходов, животноводческий комплекс, мусороперерабатывающий завод). При этом из района радиусом 1 км вокруг ЮЗОС жалоб не поступало. Таким образом, ЮЗОС не должны использовать остальные мероприятия НДТ 15. Однако на ЮЗОС осуществляется очистка в биофильтре вентвыбросов от отделения механической очистки.

## ВЫВОДЫ

Подведем итоги экспертной оценки, проведенной в ходе деловой игры по выдаче КЭР для ЮЗОС ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»:

### А. По результатам экспертной оценки

ЮЗОС, безусловно, являются одними из лучших очистных сооружений в России. Это позволяет им практически полностью соответствовать как ужесточающимся требованиям ХЕЛКОМ, так и всем применимым к этому объекту НДТ ИТС 10-2015.

Однако, по ряду загрязнений (азот нитритов, азот аммонийный, фосфор фосфатов) качество сбрасываемых сточных вод нуждается в улучшении. Для получения КЭР необходима разработка ППЭЭ, содержание мероприятий этого плана (строительство сооружений доочистки) в ходе проведенной экспертизы признано достаточным для достижения целей.

### Б. Выводы по процедуре КЭР (с точки зрения экспертизы) и требованиям ИТС 10-2015

Подходы ИТС 10-2015 показали свою состоятельность при использовании в зоне действия ХЕЛКОМ. В дополнение к технологическим показателям НДТ были использованы нормативы ХЕЛКОМ, что позволило сформулировать уточненные совокупные требования к сбросам данного объекта.

Рекомендуется включить требования ХЕЛКОМ в текст проекта постановления Правительства РФ об установлении технологических показателей для сооружений очистки сточных вод поселений, городских округов для применения в районах, на которые распространяется действие Хельсинкской конвенции. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. ДИРЕКТИВА СОВЕТА ЕВРОПЕЙСКОГО СООБЩЕСТВА ОТ 21 МАЯ 1991 ГОДА ОБ ОЧИСТКЕ ГОРОДСКИХ СТОКОВ (91/271/ЕЕС) [HTTP://DOCS.CNTD.RU/DOCUMENT/902150970](http://docs.cntd.ru/document/902150970).
2. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НДТ «ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ, ГОРОДСКИХ ОКРУГОВ» ИТС 10-2015. [HTTP://WWW.BURONDT.RU/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&ETKSTRUCTURE\\_ID=1872](http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&ETKSTRUCTURE_ID=1872).
3. СКОБЕЛЕВ Д.О., ЧЕЧЕВАТОВА О.Ю., ГУСЕВА Т.В. КОМПЕТЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫМИ ГРУППАМИ В ОБЛАСТИ НДТ // Компетентность. 2017. № 5. С. 12–17.
4. НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ / ГУСЕВА Т.В., ЧЕЧЕВАТОВА О.Ю. // Компетентность. 2017. № 3. С. 36–39.
5. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ № 1202 ОТ 15 ОКТЯБРЯ 1998 ГОДА.
6. ГОСТ Р 56828.12–2016 НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ. МОСКВА, СТАНДАРТИНФОРМ, 2016.

# Развитие мембранных биореакторов для очистки сточных вод

## РЕДАКЦИОННЫЙ ОБЗОР

В настоящее время мембранные биореакторы (МБР) называют одной из наиболее перспективных и динамически развивающихся технологий по очистке сточных вод. Результаты исследований [1], выполненные независимой аналитической компанией «BCC Research», утверждают, что мировой рынок МБР в 2010 г. составлял \$337 млн, в 2014 г. – \$425,7 млн и по прогнозам в 2019 г. приблизится к \$780 млн, демонстрируя совокупный ежегодный темп роста – 12,8 % (рис. 1). Таким образом, рынок МБР растет интенсивнее, чем отраслевые рынки оборудования в целом и мембранных систем очистки сточных вод, в частности.

По прогнозам Bluefield Research [2] тренд роста сохранится, так как глобальное стремление к получению очищенных сточных вод более высокого качества будет в еще большей мере способствовать распространению технологии МБР на рынке очистки воды.

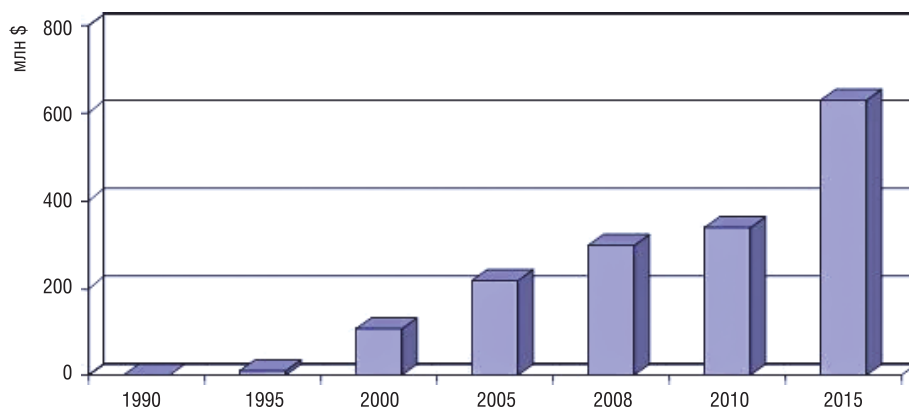
Ежегодно в эксплуатацию вводится более 1000 новых станций на базе МБР. Совокупная производительность МБР установок по всему миру составляет 4,2 млн м<sup>3</sup>/сут и постоянно увеличивается [3].

В таблице приведены 15 самых крупных очистных сооружений с МБР по состоянию на 2017 г. (включая находящиеся в процессе создания).

Повышению популярности МБР способствует их постоянное совершенствование. По данным [4] удельное потребление электроэнергии на очистку 1 м<sup>3</sup> сточных вод в МБР с 1999 г. по 2013 г. снизилось в 2 раза, что иллюстрирует рис. 2.

Аналогичные тенденции роста внедрений МБР прослеживаются и на отечественном рынке водопроводно-канализационного хозяйства. Еще 10 лет назад развитие технологии МБР в России существенно отставало от общемировых трендов в использовании мембранных технологий. К сегодняшнему дню в Российской Федерации уже реализован ряд крупных проектов на базе технологии МБР. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность и экономическую целесообразность применения технологии МБР в очистке производственных сточных вод, как на малых, так и на больших очистных сооружениях.

Рис. 1.  
Рост мирового рынка МБР

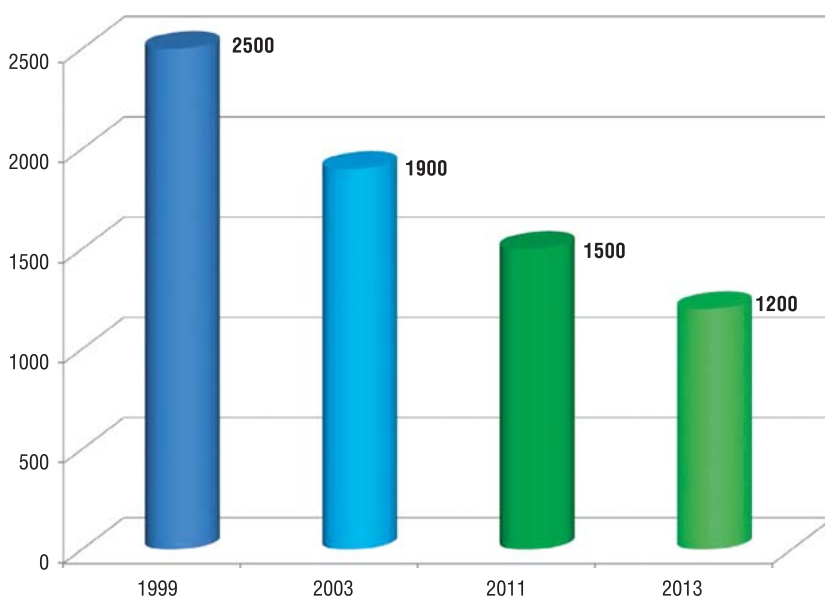


## САМЫЕ КРУПНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С МЕМБРАННЫМИ БИОРЕАКТОРАМИ

№№	Расположение	Проектировщик технологии	Год запуска в эксплуатацию	Максимальный пиковый расход, м³/сут	Средний расход, м³/сут
1	Хенриксдал (Стокгольм), Швеция	GE <sup>1</sup>	2016–2019	864'000	536'000
2	Сингапур	TBC	2016	Нет данных	800'000
3	Ашер (Париж), Франция	GE	2016	357'000	224'000
4	Кантон, Огайо, США	Ovivo, США	2015–2017	333'000	159'000
5	Ксинь, Китай	Origin Water	Нет данных	307'000	Нет данных
6	Юклид, Огайо, США	GE	2018	250'000	83'000
7	Куньмин, Китай	Origin Water	2013	250'000	Нет данных
8	Шунь, Пекин, Китай	GE	2016	234'000	180'000
9	Провинция Хубэй, Китай	Origin Water	2015	200'000	Нет данных
10	Провинция Гирин, Китай	Origin Water	2015	200'000	Нет данных
11	Сиань, Китай	Origin Water	Нет данных	200'000	Нет данных
12	Брюссель, Бельгия	GE	2017	190'000	86'000
13	Риверсайд, Калифорния, США	GE	2014	186'000	124'000
14	Вашингтон, США	GE	2011	175'000	122'000
15	Визалия, Калифорния, США	GE	2014	171'000	85'000

Источник: <http://www.thembrsite.com/about-mbrs/largest-mbr-plants/>

**Рис. 2.**  
**Удельное потребление электроэнергии (Вт·час)**  
**на очистку 1 м³ сточных вод в мембранном биореакторе [5]**



### При подготовке редакционного обзора использованы источники:

1. A BCC Research Membrane & Separation Technology Report. Membrane Bioreactors: Global Markets. USA, 2015.
2. Bluefield Research. Market insight. Global membrane bioreactor market: An emerging competitive landscape. USA, 2014.
3. Faisal I. Hai, Kazuo Yamamoto, Chung-Hak Lee. Membrane biological reactors. Theory, Modelling, Desing, Management and Applications to Wastewater Reuse. IWA Publishing, 2014, p.7.
4. F.I. Hai, K. Yamamoto. Membrane Biological Reactors. In P. Wilderer (Eds.), Treatise on Water Science. UK: Elsevier. 2011. p. 571-613.
5. Pierre Côté, David Brink and Ali Adnan. Pretreatment requirements for membrane bioreactors, Water Environment Foundation, 2006, p. 1855.

<sup>1</sup> General Electric. С 2017 г. подразделение компании по водным технологиям вошло в состав французской компании SUEZ. — Примеч. ред.



# Отечественный опыт реализации мембранных биореакторов по технологии «МУ МВР» для очистки производственных сточных вод

**М.А. Есин<sup>1</sup>,  
А.В. Ромашко<sup>2</sup>,  
АО «МАЙ ПРОЕКТ»**

В последнее десятилетие сложилась тенденция повышения концентраций загрязняющих веществ в производственных сточных водах в связи с ростом цен на воду питьевого качества и внедрением мероприятий по сокращению ее потребления и развитием оборотных систем. Высокие концентрации поступающих загрязнений от производственных процессов диктуют на стадии проектирования выбор более надежных и современных способов очистки сточных вод, нежели классическая биологическая очистка в аэротенках с вторичными отстойниками.

Руководители промышленных предприятий наиболее часто предъявляют к локальным очистным сооружениям (ЛОС) канализации следующие требования:

- 1) высокая эффективность очистки (часто сточные воды, поступающие на очистные сооружения от предприятия, являются высоко загрязненными, а требования на сброс – для всех одинаковые);
- 2) минимальная необходимая территория, требующаяся для строительства (особенно актуально для предприятий, находящихся в черте города);
- 3) минимальный размер санитарно-защитной зоны;
- 4) минимальная численность обслуживающего персонала, диктующая необходимость высокого уровня автоматизации;
- 5) возможность удаленного контроля состояния объекта.

Этим требованиям наиболее удовлетворяют ЛОС, основанные на применении мембранных биореакторов (МБР). Их основным преимуществом перед системой аэротенк-отстойник является возможность гарантированного поддержания очень высокой дозы активного ила (8–10 г/л), что обеспечивает высокую компактность и надежность процесса.

<sup>1</sup> Есин Михаил Анатольевич, руководитель технологического отдела АО «МАЙ ПРОЕКТ», 115054, РФ, Москва, Б. Строченовский пер., 7, эт. 8, тел.: (495) 989-85-04, e-mail: yesin@myproject.msk.ru.

<sup>2</sup> Ромашко Андрей Васильевич, ведущий инженер-технолог технологического отдела, АО «МАЙ ПРОЕКТ», 115054, РФ, Москва, Б. Строченовский пер., 7, эт. 8, тел.: (495) 989-85-04, e-mail: romashko@myproject.msk.ru.

При использовании технологии МБР необходимо уделить особое внимание механической очистке для предупреждения засорения мембран мелкими отбросами. Некоторые авторы рекомендуют использовать решетки с прозором не более 2 мм [1], однако опыт работы с МБР АО «МАЙ ПРОЕКТ» и литературные данные [2] показывают, что экономически обосновано применять сита с прозорами 0,5–1,0 мм. В практике эксплуатации МБР на европейских очистных сооружениях канализации с решетками с прозором 3 мм зафиксировано забивание мембран мелким мусором. Например, на одной из первых крупных установок МБР в коммунальном секторе в г. Брешиа (Brescia), Италия, перед мембранным био-реактором установлены грубые решетки с прозором 30 мм, аэрируемые горизонтальные песколовки и тонкие решетки (2,0 мм); на ОСК г. Траверс Сити (Traverse City), США, эксплуатируются решетки 6 мм, первичные отстойники и решетки 2 мм; на объекте г. Шилд (Schilde), Бельгия, эксплуатируются барабанные сита с прозором 1 мм, в г. Варссевельд (Varsseveld), Нидерланды, решетки 6 мм, аэрируемые песколовки, сита 0,8 мм [1]. Наилучшее состояние мембран по засоренности мелким мусором отмечено на последнем объекте, в Нидерландах, и это напрямую связано с прозором сит механической очистки.

Стадию тонкого процеживания рационально располагать после песколовки, рассчитанных на эффективное удаление песка<sup>3</sup>.

По результатам проведенных обследований различных реализованных очистных сооружений с МБР выявлены следующие преимущества решений с особо тонким процеживанием сточных вод на этапе механической очистки:

- 1) более высокая и стабильная фильтрационная способность мембран;
- 2) более продолжительный жизненный цикл мембран;

3) больше интервалы между циклами очистки;

4) защита наиболее дорогостоящего оборудования.

### Технология «MY MBR»

Компания «МАЙ ПРОЕКТ» разработала пакет инженерных решений «MY MBR» – интеллектуальный продукт, созданный командой отраслевых специалистов компании на основании собственного многолетнего опыта проектирования и модернизации био-реакторов, с использованием эффективного мембранного оборудования ведущих мировых производителей и адаптированного к условиям работы в Российской Федерации.

Технология «MY MBR» – это оптимальным образом подобранное технологическое оборудование, включающее полный фильтрационный пакет илоразделительных мембран, работа которого предусмотрена в автоматическом режиме благодаря индивидуально разработанной системе управления технологическими процессами.

Отличительной чертой решений с применением «MY MBR» является стабильно высокое качество очищенной воды, малые занимаемые площади, высокий уровень автоматизации технологических процессов и низкие эксплуатационные затраты.

На сегодняшний день технология «MY MBR» успешно апробирована и используется для очистки сточных вод на ряде крупных производственных предприятий. Среди реализованных проектов следует отметить очистные сооружения ООО «Тамбовская индейка», ООО «Пепсико Холдингс», на стадии реализации находится МБР на очистных сооружениях ОАО «ЩекиноАзот» в Тульской области (одни из самых крупных в России промышленных очистных сооружений с проектной производительностью около 24 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

<sup>3</sup> Наиболее часто биологическая очистка в МБР производится без предварительного первичного осветления. В этом случае Свод правил СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» предписывает продолжительность пребывания в песколовках не менее 10 мин (подразумевая последующую эффективную отмывку песка от органики). Свод правил «Канализация. Наружные сети и сооружения» – Примеч. ред.

В 2014 г. выполнено 3 проекта очистных сооружений канализации (ОСК) с использованием технологии МБР для поселков Рогово, Первомайский и Минзаг с максимальной производительностью 1300, 1300 и 650 м<sup>3</sup>/сут, соответственно. В проекте ОСК поселка Минзаг в Новой Москве (АО «Мосводоканал») удалось компактно разместить всё технологическое оборудование на площади 9×26 м в крытом исполнении, что позволило, наряду с отказом от иловых площадок, уменьшить санитарно-защитную зону объекта.

### ЛОС птицефабрики ООО «ТАМБОВСКАЯ ИНДЕЙКА» (группа «Черкизово»), ПЕРВОМАЙСКИЙ РАЙОН ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В 2015 г. АО «МАЙ ПРОЕКТ» выполнила проектирование, поставку и строительно-монтажные работы технологического оборудования ЛОС этой птицефабрики, рассчитанных на максимальную производительность 1500 м<sup>3</sup>/сут.

Сточные воды этого предприятия образуются от производственных цехов, наиболее загрязненные сточные воды поступают от убойного цеха, где производится потрошение, ощипывание птицы, разделывание мяса для разных производственных целей.

Технологическая схема очистки сточных вод птицефабрики включает в себя механическую очистку, усреднение, физико-химическую очистку, мембранные биореакторы и узел механического обезвоживания осадков.

С целью снижения концентраций взвешенных веществ, жиров, фосфатов, ХПК и БПК предусмотрена напорная реагентная флотация.

Для удаления органических соединений, азота аммонийного, нитритов, нитратов и других загрязнений предусмотрены мембранные биореакторы с реализацией процессов нитри-денитрификации. Объемные характеристики биореакторов представлены в табл. 1. Снижение нитратов в очища-

емых сточных водах достигается рециклом сточных вод из конца зоны аэрации биореакторов в мембранные резервуары, затем – в резервуары деаэрации и аноксидные зоны биореакторов. Фактическая доза активного ила в биореакторах поддерживается в интервале 7–9 г/л.

**Таблица 1.**  
**Объемы зон биореакторов**  
**на ООО «ТАМБОВСКАЯ ИНДЕЙКА»**

Название зоны биореактора	Общий объем зон, м <sup>3</sup>
Зона деаэрации	94
Аноксидная зона	300
Аэробная зона	614

Узел мембранной ультрафильтрации представлен погружными полуволоконными мембранами низкого давления, выполненными из армированного полого волокна. Мембранные волокна размещены в двух модульных кассетах, которые погружаются в мембранные резервуары. Номинальный и действительный размеры пор соответственно составляют 0,04 и 0,1 микрона и обеспечивают практически 100 % разделение очищаемых сточных вод и активного ила.

После биологической очистки сточные воды обеззараживаются и сбрасываются в водоем.

Энергопотребление на технологические нужды составило около 160 кВт·час, среднее удельное энергопотребление – 2,5 кВт·час на 1 м<sup>3</sup> обрабатываемых сточных вод.

В настоящее время завершены пусконаладочные работы, и объект сдан в эксплуатацию. На рис. 1 показан этап установки мембранных кассет в мембранные резервуары и их рабочий вид.

В результате проведения пусконаладочных работ локальных очистных сооружений птицефабрики была достигнута следующая эффективность очистки, представленная в табл. 2.





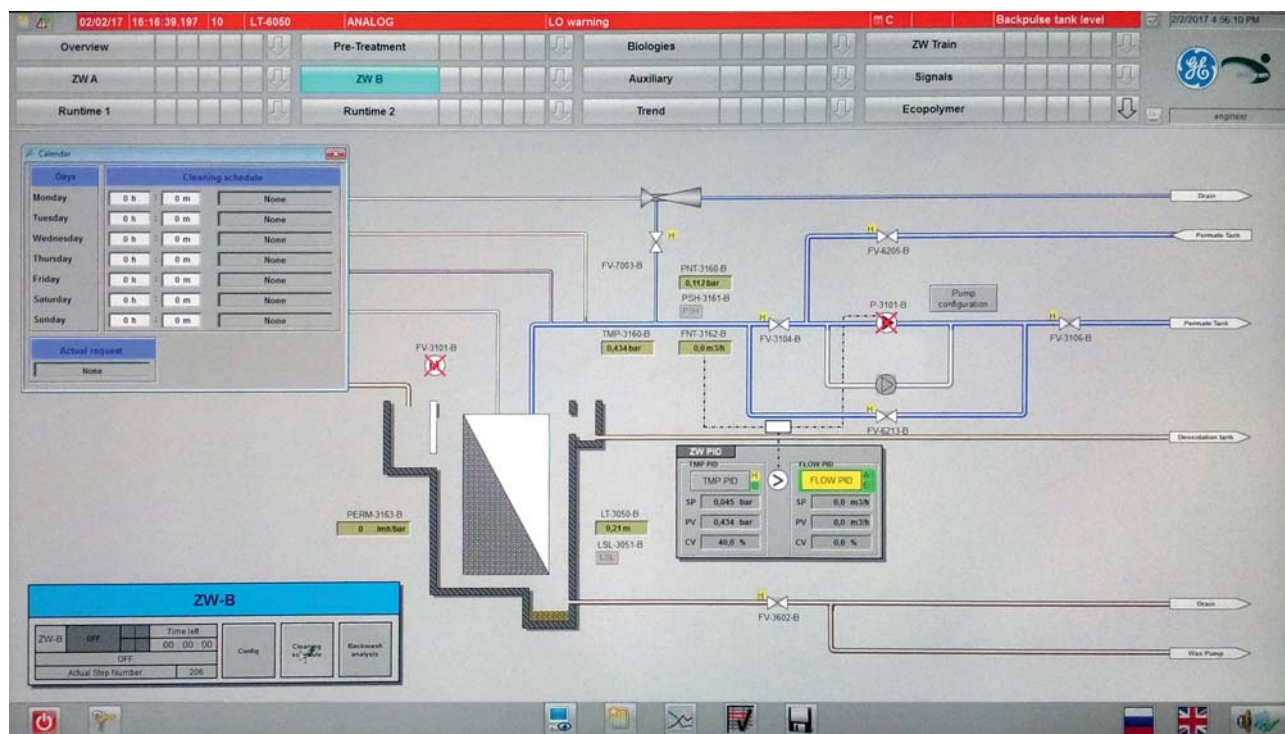
**Рис. 1.**  
**Монтаж мембранных кассет и работающие резервуары на ООО «Тамбовская индейка»**

**Таблица 2.**  
**Эффективность очистки в период пусконаладочных работ ООО «Тамбовская индейка»**

Показатель	До очистки, мг/л	После физико-химической очистки	После очистки, мг/л
Жиры	386–722	120–153	0,1–0,3
Взвешенные вещества	1651–1934	38–97	1,2–3,0
БПК <sub>5</sub>	1908–2533	847–1174	2,2–2,5
ХПК	3752–8160	2016–2980	14,2–35
Азот аммонийный <sup>1</sup>	30–96	26–83	0,08–0,5
Азот нитратов	0,1–0,6	0,1–0,6	3,95–9,7
Фосфаты	35–72	0,09–0,44 <sup>2</sup>	0,1–0,3

<sup>4</sup> Сточная вода убойного цеха характеризуется высоким содержанием органического азота и фосфора, что не отражено в данных табл. 2. В процессе биологической очистки в МБР происходит их минерализация, и они также нуждаются в удалении. – *Примеч. ред.*

<sup>5</sup> За счет содержания в сточной воде органического фосфора целесообразно производить полное осаждение фосфора фосфатов на стадии физико-химической очистки. Потребность процесса биологической очистки в фосфоре обеспечивается за счет органического фосфора. – *Примеч. ред.*



**Рис. 2.**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС НА ЭКРАНЕ РАБОЧЕГО КОМПЬЮТЕРА АРМ ОПЕРАТОРА**

Работа МБР полностью автоматизирована (рис. 2) и не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала, что не только сокращает эксплуатационные затраты, но и позволяет снизить влияние так называемого «человеческого фактора» при его эксплуатации, т.е. исключить ошибки, которые может допустить обслуживающий персонал при работе с системой управления МБР.

Несмотря на тот факт, что концентрации загрязнений поступающих сточных вод часто превышали проектные значения (например, по ХПК, см. рис. 3), в целом, очистные сооружения успешно справляются с поставленной задачей (рис. 4). В случае применения для данного состава сточных вод классической биологической очистки со вторичными отстойниками, такие высокие значения ХПК привели бы к вспуханию активного ила и к выносу его из сооружений биологической очистки.

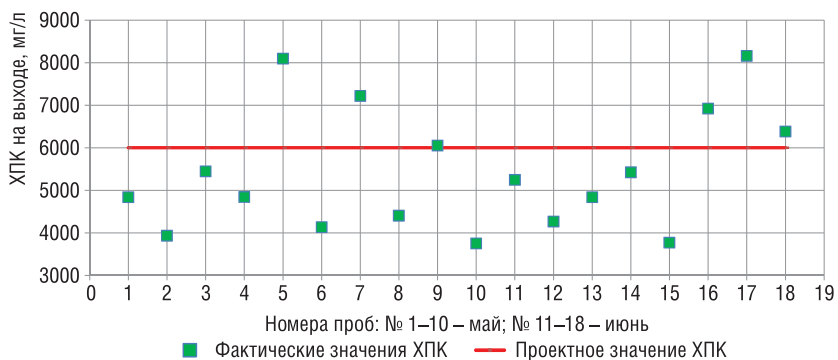
## ЛОС ООО «Пепсико Холдингс»

Еще один интересный проект, выполненный по технологии «МУ МБР», – локальные очистные сооружения ООО «Пепсико Холдингс» (г. Домодедово Московской области), производительностью 3,3 тыс. м³/сут, которые запущены в эксплуатацию в 2017 г. Проектирование объекта выполнялось не только в рамках законодательства РФ, но и с учетом жёстких стандартов международной компании PepsiCo.

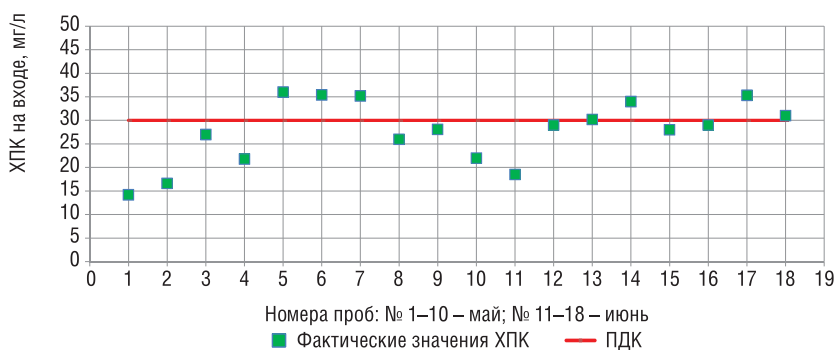
Общий вид локальных очистных сооружений представлен на рис. 5.



**Рис. 3.**  
Значения ХПК поступающих  
сточных вод за 2017 г.



**Рис. 4.**  
Значения ХПК очищенных  
сточных вод за 2017 г.



**Рис. 5.**  
ЛОС ООО «Пепсико Холдингс»  
(выделены красной рамкой)  
в г. Домодедово







Рис. 6.  
УПРОЩЕННАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛОС ООО «ПЕПСИКО ХОЛДИНГС»

Рис. 7.  
ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ШНЕКОВОЙ РЕШЕТКИ



Технологическая схема ЛОС ООО «Пепсико Холдингс» приведена на рис. 6.

На этом объекте использован ряд интересных решений, на которых хотелось бы остановиться подробнее.

*Предварительная механическая очистка* сточных вод предусмотрена при помощи вертикальной шнековой решетки с размером 6 мм (рис. 7).

*Схема распределения потоков.* По ходу движения очищаемой воды установлен анализатор ХПК, работающий в постоянном режиме (on-line). В случае превышения ХПК установленных значений поток считается высоконцентрированным и перенаправляется в аварийный резервуар для накопления и последующей равномерной в течение суток откачки в усреднитель. При значении ХПК ниже установленного значения сточные воды подаются в усреднитель. Аварийный резервуар и усреднитель по технологической схеме могут быть взаимозаменяемыми. Предусмотрена возможность контроля ХПК в напорных трубопроводах трех групп насосов: подачи не усредненного потока, концентрированного потока и усредненного потока.

*Аварийный и усреднительный резервуары* представляют собой цилиндрические утепленные крытые емкости (рис. 8), выполненные по технологии GFS (Glass-Fused-to-Steel). Листы, изготовленные по технологии GFS, состоят из двух слоев: основного металлического и физически связанного с ним стеклосодержащего покрытия, придающего резервуару коррозионную стойкость.

**Рис. 8.**  
**АВАРИЙНЫЙ И УСРЕДНИТЕЛЬНЫЙ**  
**РЕЗЕРВУАРЫ**



*Анализ содержания биогенных элементов.* Сточная вода предприятия характеризуется недостаточным для биологической очистки соотношением азота и фосфора к органическим загрязнениям, при этом оно не является постоянным и изменяется в значительных пределах. С учетом этого обстоятельства предусмотрен многопараметровый онлайн-анализатор, выполняющий одновременный анализ четырех параметров: аммонийного азота, нитритного азота, нитратного азота и ортофосфатов. Осуществляется подача на анализатор сточных вод из двух точек: усредненного потока после тонкой механической очистки и пермеата после МБР. Измерение содержания биогенных элементов выполняется попеременно в каж-

дом из двух потоков. По показаниям данного анализатора осуществляется автоматическое дозирование биогенных элементов в поток обрабатываемых сточных вод.

*Для тонкой фильтрации* в целях защиты мембранных кассет от засорения волокнистыми включениями и мелким мусором применено наклонное барабанное сито, изготовленное из треугольного профиля с прозором 1 мм.

*Биореакторы.* Биологическая очистка сточных вод осуществляется в двух параллельно работающих биореакторах с общим полезным объемом 3050 м<sup>3</sup>, представляющих собой цилиндрические утепленные крытые емкости, выполненные по технологии GFS (рис. 9).

**Рис. 9.**  
**БИОРЕАКТОРЫ (СПРАВА) НА ЛОС**  
**ООО «Пепсико Холдингс»,**  
**Домодедово**





Рис. 10. Мембранные резервуары на ЛОС ООО «Пепсико Холдингс», г. Домодедово

В придонной части биореакторов размещена мелкопузырчатая аэрационная система на базе дисковых мембранных аэраторов AP-420T. В биореакторах реализован алгоритм обеспечения постоянной концентрации растворенного кислорода в автоматическом режиме. Сжатый воздух в биореакторы подается от двух частотно-регулируемых воздуховодов, установленных в отделении воздуховодной станции технологического корпуса ЛОС. В процессе проведения пусконаладочных работ максимальная доза активного ила в биореакторах составляла 14 г/л, в настоящее время доза поддерживается в пределах 9–11 г/л. Газы и пары, образующиеся в надводном пространстве биореакторов, отводятся на очистку на биофильтрах.

*Блок мембранных резервуаров.* Из биореакторов иловая смесь поступает в верхний канал мембранных резервуаров (рис. 10). Блок мембранных резервуаров – это многосекционная емкость из нержавеющей стали, состоящая из верхнего канала, трех параллельно работающих мембранных резервуаров и нижнего канала, она установлена в отделении ультрафильтрации технологического корпуса ЛОС.

В каждом из мембранных резервуаров установлены четыре ультрафильтрационные мембранные кассеты (всего 12 кассет в трех резервуарах), при этом предусмотрено место для установки резервной пятой кассеты ультрафильтрации на случай повышения расходов поступающих сточных вод при расширении предприятия. Общий вид мембранной кассеты представлен на рис. 11.

Количество мембранных кассет рассчитано для пропуска в форсированном режиме всего объема сточных вод через два параллельно работающих мембранных резервуара. Для предотвращения чрезмерного увеличения концентрации ила в мембранных резервуарах в результате отвода пермеата через мембраны предусмотрена рециркуляция иловой смеси с кратностью рециркуляции 400 % от расхода поступающих сточных вод. Периодичность отвода ила и объем удаляемого из мембранных резервуаров избыточного активного ила определяется автоматически.

*Мембранная фильтрация.* Узел мембранной ультрафильтрации представляет собой единый комплекс мембранного и насосного



оборудования, запорно-регулирующей арматуры и контрольно-измерительных приборов для организации процесса фильтрации через мембранные кассеты, отвода пермеата, осуществления обратной промывки, а также продувки мембранных кассет.

На всасывающем трубопроводе пермеата установлен датчик давления/разрежения, а также сигнализатор – прерыватель высокого давления для предотвращения механического повреждения мембран сверхвысоким давлением.

В зависимости от расхода поступающих сточных вод система управления работой узлов мембранной ультрафильтрации автоматически изменяет уставку расхода вакуум-насосов пермеата с тем, чтобы уровень воды в мембранных резервуарах поддерживался постоянным. Помимо контроля расхода выполняется мониторинг трансмембранного давления. После окончания фильтроцикла следует фаза релаксации мембран: насос пермеата выключается, трансмембранное давление выравнивается, аэрация мембранных модулей остается включенной. В режиме релаксации происходит удаление отложений с поверхности мембранных волокон. После окончания релаксации мембран повторяется фильтроцикл.

В процессе обратной промывки пермеат поступает внутрь волокон и фильтруется наружу. Забор воды для обратной промывки осуществляется из резервуара чистой воды. Промывка, как и фильтрация, осуществляется насосом пермеата.

От каждой из трех напорных линий отвода пермеата предусмотрена подача воды к проточному датчику мутности и температуры. Вода из трех линий фильтрации пропускается через мутномер по очереди. Измерение мутности пермеата необходимо для контроля механической целостности мембранных волокон.

После очистки сточные воды сбрасываются в централизованную систему водоотведения МУП «Домодедовский Водоканал». Для обеспечения потребностей предприятия в технической воде предусмотрен узел подачи воды на повторное использование.



**Рис. 11.**  
**Монтаж мембранных кассет на ЛОС**  
**ООО «Пепсико Холдингс», г. Домодедово**

*Дозирование реагентов на этапе мембранной фильтрации.* При достижении критического трансмембранного давления выполняется химическая промывка мембранных кассет гипохлоритом натрия или лимонной кислотой. Гипохлорит натрия используется для удаления отложений органической природы, лимонная кислота – для удаления минеральных отложений. Гипохлорит натрия также служит в качестве обеззараживающего агента для части пермеата, возвращаемого на повторное использование. Дозирование гипохлорита натрия и лимонной кислоты происходит в автоматическом режиме.

## ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

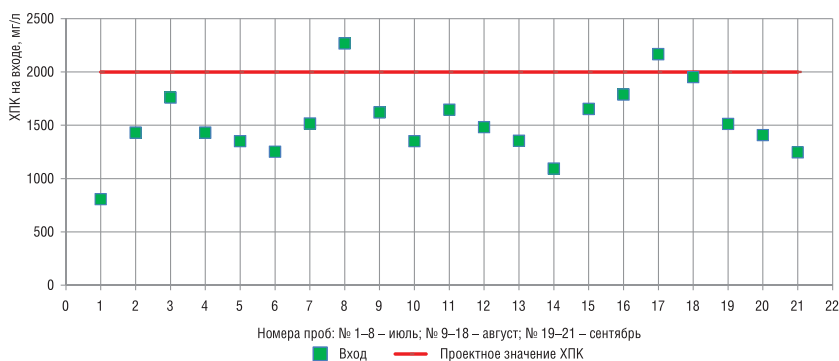
Эффективность работы локальных очистных сооружений в Домодедово в период проведения пусконаладочных работ можно оценить по табл. 3.

**Таблица 3.**  
**Качество поступающих и очищенных сточных вод на ЛОС ООО «Пепсико Холдингс» в период пусконаладочных работ**

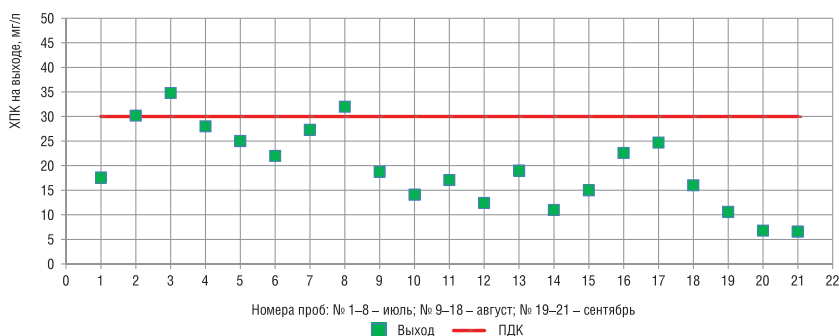
Показатель	До очистки, мг/л	После очистки, мг/л
ХПК	806–2267	25,6–35,8
Азот аммонийный	0,60–1,75	0,08–0,23*
Фосфаты	0,8–2,7	0,3–0,4*

\* Примечание: биогенные элементы добавляются дополнительно для осуществления биологической очистки.

Качество поступающих сточных вод на ООО «Пепсико Холдингс» по ХПК приведено на рис. 12. По большинству основных показателей качество поступающей воды соответствует проектным значениям.



**Рис. 12.**  
**Значения ХПК поступающих сточных вод за 2017 г.**



**Рис. 13.**  
**Значения ХПК очищенных сточных вод за 2017 г.**

## ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ «МУ MBR»

На описанных объектах компанией «МАЙ ПРОЕКТ» реализованы современные комплексы ЛОС, основанные на технических решениях «МУ MBR» с высоким уровнем автоматизации технологических процессов, обеспечивающих необходимое качество очистки сточных вод и выполнение современных требований к обработке осадков.

К основным преимуществам технических решений «МУ MBR», подтвержденных на отечественных объектах, следует отнести следующее:

- значительно меньшая занимаемая площадь по сравнению со схемами с вторичными отстойниками или реакторами периодического действия;
- постоянное надежное обеспечение очищенных сточных вод высокого качества; содержание взвешенных веществ в пределах 1–2 мг/л, ХПК – 35 мг/л, что недостижимо при использовании других технологий биологической очистки без использования третичной очистки;
- капитальные затраты на МБР соизмеримы затратам при классической очистке благодаря отсутствию вторичных отстойников, доочистки на фильтрах, уменьшению количества избыточного активного ила;
- высокий уровень автоматизации МБР, что позволяет уменьшить количество высококвалифицированного персонала;
- гибкость в компоновках сооружений и оборудования, выборе поставщиков технологического оборудования благодаря многолетним работам и собственным решениям по системам автоматизации всего комплекса сооружений.

## Выводы

Применение мембранных биореакторов экономически оправдано при проектировании сооружений очистки высоконцентрированных сточных вод промышленных предприятий, для которых использование традиционных аэротенков с вторичными отстойниками не гарантирует достижения требуемого качества на сбросе. Применение технологии «МУ MBR» в высокой степени целесообразно при создании ЛОС в условиях ограниченной территории при расположении предприятий в черте города. ●

## ЛИТЕРАТУРА

PIERRE CÔTÉ, DAVID BRINK AND ALI ADNAN. PRETREATMENT REQUIREMENTS FOR MEMBRANE BIOREACTORS, WATER ENVIRONMENT FOUNDATION, 2006, P. 1855.

DELGADO S., VILLARROEL R., GONZALEZ E., MORALES M. AEROBIC MEMBRANE BIOREACTOR FOR WASTEWATER TREATMENT – PERFORMANCE UNDER SUBSTRATE-LIMITED CONDITIONS. BIOMASS – DETECTION, PRODUCTION AND USAGE. 2011. P. 270.

### Разъяснение редакции журнала к статье А.В. Ромашко «Опыт реализации локальных очистных сооружений предприятий пищевой промышленности по технологии “MY DAF”», опубликованной в журнале «НДТ» № 5’2017

В статье ведущего инженера-технолога компании «МАЙ ПРОЕКТ» А.В. Ромашко «Опыт реализации локальных очистных сооружений предприятий пищевой промышленности по технологии “MY DAF”», опубликованной в журнале «НДТ» № 5’2017, на стр. 46 содержалась информация:

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

После выхода номера редакция получила обращение следующего содержания от компании-производителя оборудования: «...на странице 46 приведена информация о шнековом дегидрататоре в Калининградской области, к которому производитель не смог подобрать реагенты. Дегидрататор был поставлен в 2013 году, пуско-наладка от производителя не была заказана, в результате реагенты к нему изначально подбирал не производитель оборудования, а производители реагентов. Подбор был осуществлен неправильно, из-за этой ошибки производителя реагентов дегидрататор действительно некоторое время не работал. После этого заказчик привлек компанию-производителя, которая в 2014 году успешно подобрала реагенты и произвела необходимую пусконаладку. Оборудование работает на сегодняшний день, и работало в 2015 году, вопреки тому, что пишут авторы статьи...»

Поскольку в статье А.В. Ромашко не была названа компания-производитель оборудования, то редакция считает правильным не называть ее и при обсуждении данного обращения.

Редакция и представители компании «МАЙ ПРОЕКТ» детально обсудили данный вопрос и установили следующее: снимок неработающего дегидрататора был сделан собственноручно автором статьи не в 2015 г., как указано в статье, а в декабре 2013 г. (при написании статьи произошла ошибка), что соответствует информации от компании-производителя о том, что в этот период дегидрататор не работал из-за неверного выбора реагентов. Информация о причинах неудовлетворительной работы дегидрататора в статье была дана со слов представителя службы эксплуатации заказчика.

Хотелось бы обратить внимание, что коллизия, ставшая причиной данного обсуждения, лишний раз подчеркивает основную идею статьи, заключающуюся в том, что решения по очистке сточных вод должны быть комплексными, учитывать все местные условия, и что этап выполнения пусконаладочных работ и подбор эффективных реагентов также важен при запуске технологического оборудования в работу, как и выбор типа обезвоживающего оборудования и его производителя. Заказчик данного дегидрататора совершил ошибку, когда приобрел его без заказа пуско-наладочных работ от компании-производителя, что и послужило причиной описанной объективной проблемы, имевшей место.

Автор и редакция журнала приносят извинения читателям и компании-производителю за допущенную неточность.

**ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА «НДТ»**

**Д.А. Данилович**

**Ведущий инженер-технолог АО «МАЙ ПРОЕКТ»**

**А.В. Ромашко**



КОНФЕРЕНЦИЯ

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

1–5 октября 2018 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 жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым
- Администрация г. Ялты
- РАВВ
- ГУП РК «Вода Крима»
- 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**

**Посещение объектов ВКХ г. Ялты**

**Экскурсионная программа**

**Скидка за участие при оплате:**

**до 01.01.2018 г. – 40 %**

**до 28.02.2018 г. – 30 %**



ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ПОДДЕРЖКА

**ВОДА  
NEWS**  
ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ  
ОТРАСЛИ ВКХ

**ИДТ**  
НАИЛУЧШИЕ  
ДОСТУПНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

**ВСТ**  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



**ОРГКОМИТЕТ**

тел.: (495) 641-0041  
info@pump.ru  
www.pump.ru

127018, Москва, Полковая, 1

ПАРТНЕР



**ПЕНЕТРОН  
РОССИЯ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

# Цифровой водоканал – миф или реальность?

«Цель оправдывает средства»  
*Никколо Макиавелли*

**В.И. Баженов<sup>1</sup>,**  
руководитель секции «Энергоэффективность  
сооружений и систем водоснабжения  
и водоотведения. Системы управления»  
Экспертно-технологического Совета РАВВ,  
ЗАО «Водоснабжение и водоотведение»

**Д.А. Данилович<sup>2</sup>,**  
руководитель Центра технической политики  
и модернизации в ЖКХ, Ассоциация «ЖКХ  
и городская среда», эксперт-директор  
журнала «Наилучшие Доступные Технологии  
водоснабжения и водоотведения»

**Г.А. Самбурский<sup>3</sup>,**  
ученый секретарь Экспертно-  
технологического Совета РАВВ,  
руководитель департамента водоподготовки  
РАВВ

**В.В. Баженов<sup>4</sup>,**  
студент МГТУ им. Н.Э. Баумана  
по направлению подготовки  
«Информационные системы и технологии»,  
кафедра ИУЗ

## ЭПОХА ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Мир входит в эпоху «Четвертой промышленной революции» [1] (Industry 4.0). Как известно, первые три<sup>5</sup> кратко можно охарактеризовать как использование энергии пара, электричества, автоматизации и промышленных роботов. При этом третью промышленную революцию считают промежуточной, подразумевая, что полностью переход на новый промышленный уклад произойдет в ходе четвертой.

Одно из определений, данных четвертой промышленной революции: массовое внедрение киберфизических систем в производство. Под киберфизическими системами (КФС) подразумевается интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы. В такой системе датчики, оборудование и информационные системы соединены на протяжении всей цепочки создания продукта (оказания услуги), выходящей за рамки одного предприятия или бизнеса. Эти системы взаимодействуют друг с другом с помощью стандартных интернет-протоколов для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям. Однако не следует ожидать появления полноценных КФС из «ниоткуда», без промежуточных этапов.

<sup>1</sup> Баженов Виктор Иванович, e-mail: info@pump.ru .

<sup>2</sup> Данилович Дмитрий Александрович, e-mail: da\_danilovich@mail.ru .

<sup>3</sup> Самбурский Георгий Александрович, e-mail: info@raww.ru.

<sup>4</sup> Баженов Владимир Викторович, e-mail: BazhenovVladimirV@gmail.com.

<sup>5</sup> Первая промышленная революция (с 1760-х по 1840-е годы). Строительство железных дорог и изобретение парового двигателя способствовало развитию механического производства.

Вторая промышленная революция, (конец XIX – начало XX века) обусловила возникновение массового производства благодаря распространению электричества и внедрению конвейера.

Третья промышленная революция (с 1960-х по 1990-е годы). Ее называют компьютерной или цифровой революцией, т. к. ее катализатором стало развитие полупроводников, использование больших ЭВМ, далее – персональных компьютеров и сети Интернет [2]. – Примеч. авт.

В России концепция киберфизической производственной системы получила название «Цифровое предприятие», задачи которого на настоящий момент сформулированы, например, так: «Набор технологий под названием «Цифровое предприятие» позволяет построить на российских продуктах систему создания, отработки, производства и эксплуатации различных изделий в рамках единого жизненного цикла, единой цифровой модели изделия, единых цифровых процессов предприятия и модели бизнеса» [2]. Следует отметить, что «Цифровое предприятие» в этой трактовке – существенно более упрощенное понятие, чем полноценная КФС. Термин «цифровой» следует рассматривать в объединенном контексте двух понятий:

- оцифровка – преобразование потока аналоговых данных в цифровые (цепочки информации, передаваемой в виде битов – двоичного кода);
- цифровизация – перевод коммуникаций и всей медиа-инфраструктуры на цифровые и компьютерные технологии.

Можно предполагать, что лидерами четвертой промышленной революции будут сложные производства (электронного оборудования, машиностроительной продукции, биотехнологические и др.).

Для водной отрасли в целом прорабатываются ее направления. Так, например, Немецкое Водное Партнерство (GWP) разработало концепцию «Вода 4.0» [3], которая включает основные черты и термины индустриальной революции 4.0, такие как «сеть машин, процессов, систем хранения и ресурсов», «умные сети», «интернет вещей и услуг» и объединяет их в системном контексте управления водным хозяйством.

При внедрении концепции «Вода 4.0» водное хозяйство должно становиться киберфизической системой, объединяющей в себя интеллектуальные сети водопользователей (сельское хозяйство, промышленность и домохозяйство), поставщиков воды и их ведущих бизнес-партнеров в единой устойчивой системе, обеспечивающей целостный процесс создания добавленной стоимости при интеграции с контролем состояния окружающей среды. Кроме того, «Вода 4.0» призвана обеспечивать высокую степень прозрачности для водопользователей.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

**Указ Президента РФ «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [4] посвящен информационным и телекоммуникационным технологиям, как важнейшему элементу национальной инфраструктуры. Построение общества знаний и создание в России цифровой экономики являются целью развития информационного общества.**

**В Послании Президента В.В. Путина Федеральному собранию подчеркивается: «Необходимо сосредоточиться на направлениях, где накапливается мощный технологический потенциал будущего, а это цифровые, другие, так называемые сквозные технологии, которые сегодня определяют облик всех сфер жизни. ...Предлагаю запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения, так называемой цифровой экономики. ...Это вопрос национальной безопасности и технологической независимости России, в полном смысле этого слова – нашего будущего» [5].**

## ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ЦИФРОВОЙ ВОДОКАНАЛ»

Производство водоканалом услуги является совокупностью разнообразных бизнес-процессов: эффективное управление производственными активами; управление «портфелем заказов» абонентов, организация системы приема оплаты за услугу; управление цепочками поставок оборудования и товара (реагента, ресурса, энергии и т.д.); управление безопасностью деятельности и др.

Согласно концепции «Цифровой водоканал» («ЦВ») исполнителем являются водоканалы, а заказчиком услуги – его абоненты, целесообразно определить структурные объекты цифровизации:

- системы: водоснабжения, водоотведения;
- подсистемы питьевых и сточных вод: линейные объекты, обеспечивающие их транспорт, очистные сооружения, обеспечивающие их очистку;

- заказчики: абоненты (физические, либо юридические лица, заключившие договор с исполнителем) и подлежащие процедуре регистрации в Государственной Информационной Системе ЖКХ (ГИС ЖКХ).

Целями перехода к «Цифровому водоканалу» являются:

### **1. Улучшение качества обслуживания абонентов**

«ЦВ» участвует в полнофункциональной и интегрированной системе ГИС ЖКХ, которая создана как оптимизированная система с опциями: установка счетчиков при оцифровке и считывании данных, выставление счетов, обслуживание абонентов, сбор и финансовая отчетность. Абоненты, как заказчики услуги, должны быть удовлетворены ростом качества обслуживания.

### **2. Снижение операционных издержек**

Эта задача подразделяется на две подзадачи:

- снижение издержек в результате функционирования систем АСУ ТП, направленных, в частности, на оптимизацию технологических процессов по таким параметрам, как энергозатраты, реагенты и т.п. Эти подзадачи решаются уже сейчас при внедрении локальных АСУ ТП;

- получение и анализ данных хозяйственного, технологического, технического характера в цифровом виде в режиме реального времени. Решение этой задачи позволит поступательно снижать операционные издержки для всех структурных объектов цифровизации. Важно отметить, что для этого необходимо обеспечить либо отсутствие контакта персонала с потоком цифровых данных, либо, если эти данные изначально получены не на цифровом оборудовании (например, результаты многих анализов, выполняемых в химико-аналитических лабораториях), их ввод в систему должен быть единственным актом «ручной» работы с данными и осуществляться с помощью специальных информационных систем.

### **3. Снижение рисков и управление производственными активами**

Прогнозное управление рисками с использованием современных систем управления производственными активами (датчики,

анализаторы, сенсоры, цифровизация лабораторных анализов и т.д.) позволяет «ЦВ»:

- поддерживать технологические процессы в установленных регламентных рамках;
- выявлять проблемы и обеспечивать их минимизацию, прежде чем они станут чрезвычайными или катастрофическими. Это распространяется, том числе, на упреждающее планирование капитальных, эксплуатационных и ремонтных мероприятий.

Эта задача во многом смыкается с задачей снижения издержек, так как анализ одних и тех же потоков данных может позволить получить выводы и действия различного содержания, как для снижения издержек, так и для снижения рисков (повышения надежности).

Прогнозное управление производственными активами позволяет водоканалу сохранить и реинвестировать оборотные средства, потраченные на капитальный ремонт и замену неэффективного оборудования. Информационные системы управления производственными активами содержат данные и анализ сроков реабилитации и восстановления активов (насосы, воздухоудовки, сети и элементы линейных объектов и т.д.). Например, простой датчик вибрации на насосе способен обеспечить информацией о необходимости и сроке его профилактического обслуживания.

Реабилитация, ремонт и замена старых, изношенных активов (балансовых капитальных средств) на новые и эффективные является источником «монетизации» для реинвестиций. Методическая системность «ЦВ» заключается в способности генерации анализа, по оценке максимально-возможной выгоды в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Планирование мероприятий, системный подход позволяют также сглаживать потенциальное повышение тарифа для абонентов.

### **4. Совершенствование финансово-хозяйственного управления ресурсами**

Повышение эффективности анализа хозяйственных и финансовых показателей на основе внедрения информационных систем взамен громоздких и трудоемких «электронных таблиц».

Совершенствование финансово-хозяйственного управления ресурсами осуществляют



на основе анализа балансовых систем: финансового планирования и прогноза возможных финансовых последствий.

### **5. Совершенствование коммуникационных, вычислительных и защитных средств**

Цифровые способы передачи сигналов и данных ускоряют динамику прогноза результата управляющих воздействий и совершенствуют процесс принятия решений. Портативные смарт-устройства, облачные технологии, датчики, современные средства навигации (GPS, Глонасс, GSM, Bluetooth, Wi-Fi, RFID, NFC) способствуют мониторингу сложных динамических систем. Это позволяет «ЦВ» анализировать причинно-следственные связи для принятия срочных и обоснованных решений. Искусственный интеллект, в направлении которого движутся информационные системы в ходе развития «Промышленности 4.0», способен «хаос» из миллионов входных данных превратить в управленческие решения, улучшающие показатели работы водоканала.

Основные способы совершенствования коммуникационных, вычислительных и защитных средств «ЦВ»:

- внедрение лабораторно-информационных менеджмент-систем (ЛИМС) – компьютерных систем, которые осуществляют хранение и управление информацией, произведенной в процессе лабораторной деятельности. Эти системы используются для управления лабораторными процессами, включая определение основных данных, управление образцами и цепочкой хранения информации об образцах, назначение на работу, управление приборами и оборудованием, управление стандартными образцами и реагентами, планирование сбора образцов и проведения испытания, ввод результатов, просмотр (рассмотрение) результатов, отчетность, наблюдение за отклонениями и применением нормативных документов. Эти системы соединяются с помощью интерфейсов с лабораторными и другими информационными системами, такими как система планирования ресурсов предприятия [6];

- совершенствование аппаратно-программного комплекса сбора, обработки и передачи данных уровня полевых устройств, включая использование персоналом слу-

жебных устройств, повышающих качество и точность сбора данных и отображающие реальность событий (смартфоны, планшеты, гарнитуры, средства навигации и др.);

- улучшение совместимости использования данных из различных источников (ГИС ЖКХ, ГИС, SCADA, а также информационных систем управления: проектами, инжинирингом, финансами, хозяйственной деятельностью);

- развитие и ускорение работы систем отображения информации: визуальной, звуковой, навигационной и т.д.;

- улучшение работоспособности сети Ethernet с информацией, подлежащей: хранению, архивированию, протоколированию и т.д.;

- поддержка и совершенствование средств доступа к имитационным моделям инженерных систем и инфраструктуры (описывают процессы гидравлические или очистки вод), требующих серверного размещения;

- интеграция с существенными для деятельности «ЦВ» компонентами информационных платформ региональных предприятий смежного профиля: теплотехнических, энергетических, гидротехнических, а также гидрологических, геологических, геодезических служб;

- развитие совместных платформ для взаимного вовлечения партнеров и органов власти: правительственных, региональных, административных, промышленных и коммунальных абонентов;

- интеграция с государственными платформами с целью демонстрации достижений по соблюдению нормативных требований, а также ускорения получения документов: законодательных, юридических, разрешительных, нормативных и разъясняющих.

Также, несомненно, важнейший способ, обеспечивающий работоспособность и эффективность «ЦВ» в целом – совершенствование аппаратно-программного комплекса защиты водоканала, как режимного предприятия, от непреднамеренных и несанкционированных воздействий.

Перечисленные подходы будут способствовать разработке, внедрению и совершенствованию единой информационной инфраструктуры (программно-аппаратный комплекс) с единым информационным

пространством (ЕИП) и с единой системой электронного документооборота. Они будут способствовать вовлечению общественных, государственных и смежных структур в решение проблем водоканала.

Основные принципы, заложенные в концепции:

- обеспечение надежности и единства комплекса «ЦВ» на основе: прозрачности, гласности, открытости, достоверности, однозначности;
- обеспечение интеграции с обществом улучшит взаимопонимание, доверие и ускорит управление внутренней структурой «ЦВ»;
- снижение зависимости «ЦВ» от ИТ-разработчиков путем использования новых стандартных технологий и средств;
- обеспечение информационной и технической безопасности: документов системы «ДСП», управляющих систем SCADA, систем полевого уровня управления и др. по особому распоряжению руководства.

### **6. Достижение кадрового прогресса путем эффективного взаимодействия и подготовки персонала**

Широкое использование цифровых технологий в совокупности с производственными и информационными активами в соответствии с должностными обязанностями обеспечивает работникам эффективное взаимодействие, прямой доступ к информации, устранение бюрократии, работу с достоверными данными, использованию бенчмаркинга, участие в НИОКР и т.д. В конечном счете, система «ЦВ» должна функционировать при руководящей роли кадров, т.е. человеческого интеллекта.

Для подготовки кадров «ЦВ» использует как внешние системы профильного образования: высшего и профессионально-технического, курсы повышения квалификации; так и собственные учебные центры. Особенностью профиля кадров «ЦВ» является широкое вовлечение специалистов информационных технологий. Динамика современного развития ИТ-технологий существенно опережает скорость реакции на запросы времени системы образования не только в России, но и за рубежом. Трендом «ЦВ» является сокращение количества штатного персонала при одновременном росте уровня его квалификации.

Основные способы прогресса кадров в «ЦВ»:

- работа персонала с устройствами для сбора и передачи данных, использующих, в том числе, специальное программное обеспечение;
  - улучшение взаимодействия работников водоканала с абонентами и клиентами через веб-сайты, социальные сети или телефоны посредством он-лайн доступа к их учетной записи, в режиме реального времени;
  - использование персоналом текущей и непрерывной информации о качестве вод, состоянии объектов, их эксплуатации и строительстве, а также финансово-хозяйственной деятельности водоканала, что создает основу для ускоренного принятия решений;
  - использование специалистами имитационных моделей [7, 8] для принятия управленческого решения на основе технологического прогноза (гидравлические, технологические модели), назначения уставок SCADA-систем, а также для обучения технологов и операторов;
  - системное привлечение кадров к технологическим задачам с момента начала инжиниринга и проектирования объектов;
  - вовлечение сотрудников в ролевые (технологи, операторы) или деловые игры (руководящий состав);
  - использование цифровых вебинаров и систем цифрового общения (например, Skype) для привлечения и подбора эффективных кадров;
  - организация учебных центров переподготовки специалистов на базе водоканалов, а также кооперация с профильными кафедрами ВУЗов, включая целевую подготовку кадров;
  - обеспечение кадров, в целях поддержания безопасности «ЦВ», средствами доступа с возможностью индивидуальной идентификации и аутентификации: коды, пароли, логины, криптографические ключи, прием биометрических данных и др. средства проверки подлинности.
- Основные принципы прогресса кадров в «ЦВ»:
- формирование взаимодействия кадров на основе: прозрачности, открытости, достоверности, однозначности;

- повышение личной ответственности за принятые решения;
- повышение общей эффективности «ЦВ» за счет использования кадров уровня «цифрового специалиста»: подготовка и поступательный рост квалификации, специальный отбор и наем;
- поддержание высокого уровня удовлетворенности абонентов и клиентов при общении (живом и опосредованном) с кадровым составом водоканала;
- предоставление широких возможностей для устойчивой творческой деятельности;
- поддержание и обеспечение процессов информационной и технической безопасности «ЦВ»;
- достижение конечной и главной цели людьми, вооруженными «цифровыми» инструментами – предоставление надежных, безопасных и доступных услуг по водоснабжению и водоотведению.

## АСУ предприятия «Водоканал»

В целом, используя более привычную терминологию, «Цифровой водоканал» – это предприятие, на котором все приемлемые технологические процессы охвачены АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическими процессами), а остальные процессы в полной мере сопровождаются поддержкой цифровых технологий (он-лайн контроль, применение переносных гаджетов, подсоединенных к корпоративной сети и т.п.), при этом все бизнес-процессы в целом поддерживаются АСУП (автоматизированная система управления предприятием).

## Иерархические уровни АСУП

С учетом имеющегося в отрасли опыта для водоканала за основу выбрана пятиуровневая иерархическая структура АСУ (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Иерархические уровни АСУ предприятия «Водоканал»**

Уровни	Задачи	Элементы
Нулевой уровень (уровень полевых устройств)	Локальное управление в реальном масштабе времени отдельными техническими устройствами	Датчики: уровня, давления, электроды, встроенные в оборудование датчики, технологические датчики и др. Силовое оборудование, подлежащее управляющему воздействию: насосы, воздухоподогреватели, мешалки, лампы обеззараживания, управляемые электрифицированные приводы задвижек, насосы с собственными узлами управления и др.
Первый уровень контроля и управления технологическими процессами	Автоматизированное управление и контроль технологических процессов на объектах. Сбор и обработка информации для передачи на верхние уровни управления	Локальные щиты управления. Программируемые логические контроллеры (ПЛК). Местные диспетчерские пункты, оснащенные сенсорным человеко-машинным интерфейсом (ЧМИ) и сохранение архивных данных на накопителях. Преобразователи частоты тока (ПЧТ) и т.д.
Второй сетевой уровень	Организация SCADA системы с поддержкой стандартных протоколов обмена (OPC, SQL, DDE, OLE DB) как с технологическими системами АСУ ТП, так и с бизнес-приложениями. Комплексный централизованный диспетчерский контроль и управление технологическими процессами. Организация центральной службы оперативного сервисного обслуживания	Сеть Ethernet для системы SCADA. Сеть Ethernet службы сервисного обслуживания. Маршрутизатор-роутер. Прокси-сервер. Сервер баз данных SCADA системы. Центральная диспетчерская и ЧМИ
Третий управленческий уровень	Организация финансово-хозяйственной деятельности. Экономическое и технологическое управление производством, планирование, учет, контроль и регулирование производства по результатам обработки технологической информации	Сеть Ethernet предприятия «Водоканал». Сервер баз данных водоканала. Почтовый сервер.
Четвертый уровень руководства	Управление водоканалом в целом	Сеть Ethernet руководства

**Примечание:** Комплектация периферийными устройствами не рассматривается, как второстепенная.



Особенностями нулевого и первого уровней АСУ является использование полного и самодостаточного пакета программного обеспечения для управления технологическими процессами каждого конкретного объекта. Используемые ПЛК выполняют сравнение значений параметров: текущих и заданных уставками. На втором сетевом уровне обеспечивают сбор, архивацию, визуализацию, важнейших данных от ПЛК, а также выполняют оповещения об аварийных ситуациях (Alarm) на обычные портативные устройства типа смартфонов при обеспечении беспроводной локальной сети WLAN. Верхние уровни АСУ (третий, четвертый) совершенствуются достаточно автономно.

## АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Представлены блок-схемы предприятия «Водоканал»:

нулевого и первого уровней АСУ с реализацией управляющего воздействия с обратной связью на силовое оборудование (для примера, преобразователями частоты) – см. рис. 1; аппаратного комплекса АСУ четырех уровней (кроме полевого) – см. рис. 2.

Оставляя за рамками обсуждения инвестиционные возможности предприятия, можно сделать вывод, что изобилие оборудования и цифровых продуктов на рынке в полной мере способствует возможности комплектации аппаратного комплекса.

Рис. 1.

Блок-схема нулевого уровня полевых устройств и систем первого уровня АСУ предприятия «Водоканал»

### Локальные щиты управления:

Программируемые логические контроллеры (ПЛК).  
Местные диспетчерские пункты, оснащенные сенсорным ЧМИ и сохранение архивных данных на накопители.  
Преобразователи частоты тока (ПЧТ).



### 1. Первый уровень

**Датчики:** уровня, давления, электроды, встроенные в оборудование датчики, технологические датчики...



### 0. Нулевой уровень

**Силовое оборудование:** насосы, воздухоподогреватели, мешалки, УФ лампы, задвижки...



**Станции:** насосные, повысительные, воздухоподогревательные, водоочистные (питьевых, сточных вод)...



## 4-й уровень АСУ:

управление предприятием в целом

## 3-й уровень АСУ:

организационное (экономич., технологич.) управление, планирование, учет, контроль.

## 2-й уровень централизованного контроля и управления

технологическими процессами и службой сервисного обслуживания

## Варианты передачи сигналов на расстояния по протоколам связи

## 1-й уровень АСУ ТП:

щиты управления с ПЛК, ЧМИ, ПЧТ, модемами

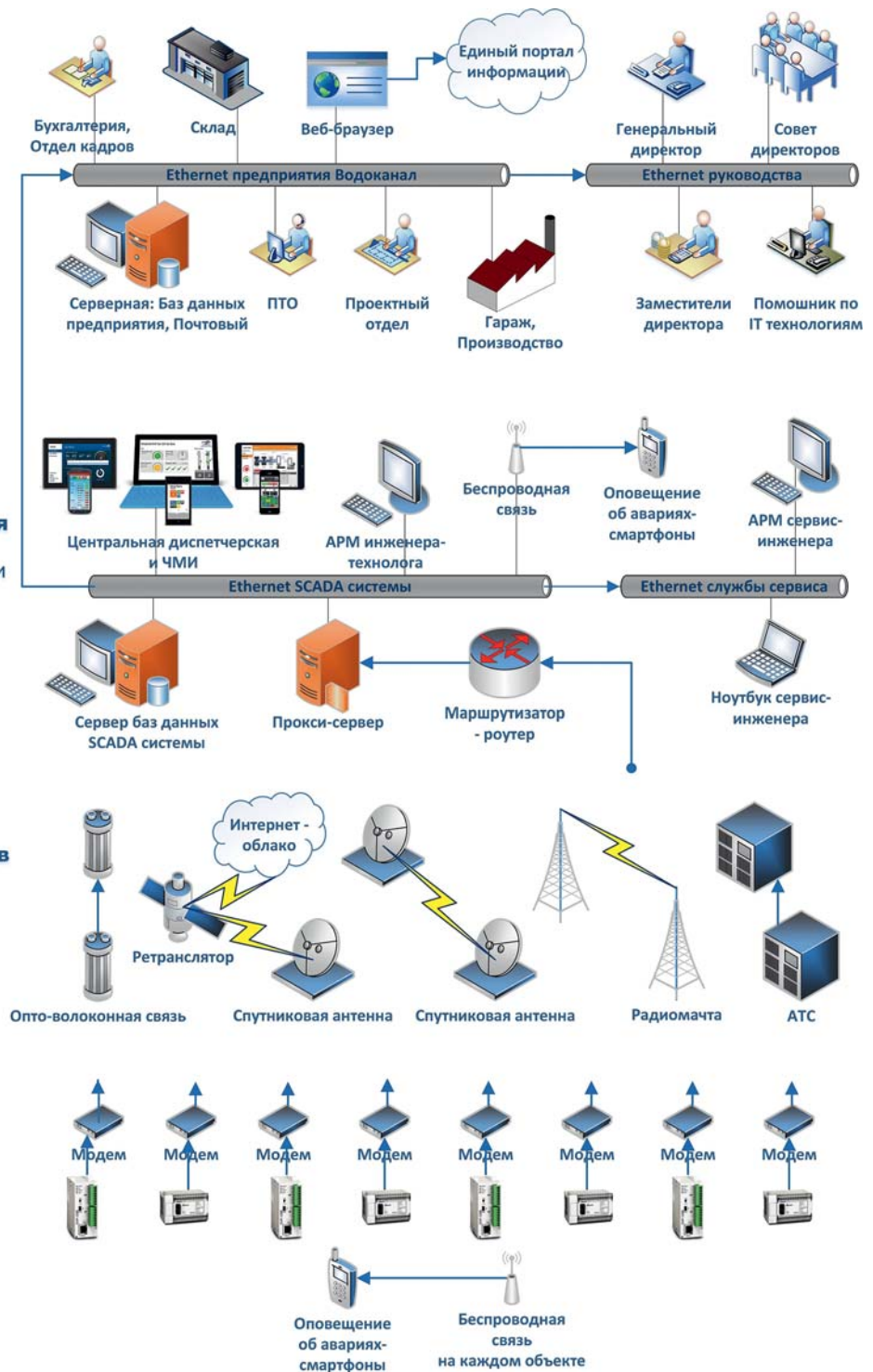


Рис. 2.

Блок-схема аппаратного комплекса АСУ предприятия водоканал, обеспечивающая работоспособность модели единого информационного пространства

Аппаратный комплекс способен обеспечить ключевые функции:

- работоспособность модели единого информационного пространства (ЕИП);
- сетевые протоколы обмена данных на основе существующих: Modbus, Profibus, Ethernet, CAN, HART, и др.;
- защиту локальной сети от внешнего доступа и сетевых атак (одна из функций прокси-сервера);
- самодостаточность и работоспособность сети Ethernet;
- возможность подключения рабочих мест ключевых работников (а также других, на блок-схемах не показано) и центральной диспетчерской;
- удаленный мониторинг и управление объектами;
- отображение, хранение, архивирование, протоколирование и т.д. информации различного вида и назначения,
- передачу данных на расстояние различными способами, а также использовать облачные технологии,
- внедрение единой системы электронного документооборота и т.д.

В целом, аппаратный комплекс, реализующий ЕИП, способен обеспечить все условия для исполнения обязанностей штатных сотрудников водоканала: диспетчеров, инженеров, технологов, сервис-инженеров, проектировщиков, бухгалтеров, операторов, работников смежного профиля (склад, гараж и др.), а также руководителей, вплоть до членов совета директоров.

### СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методология организации интегрированной информационной системы требует обеспечения комплексной АСУ предприятия в ЕИП на основе специального программного обеспечения (ПО) в соответствии со стадиями бизнес-процесса.

В табл. 2 приведены результаты анализа (преимущественно на примерах отечественных разработчиков), подтверждающие достаточность предложений ПО, необходимого для создания ЕИП водоканала.

Из анализа табл. 2 следует:

- указанный перечень ПО не полный, но достаточный для реализации задач;
- зарубежные информационные системы к настоящему времени в целом адаптированы для их использования на рынке РФ;
- информационные системы предприятия, отвечающие за решение инженерных задач доступны или, уже находятся в использовании ряда водоканалов;
- информационные системы предприятия, отвечающие за управление производственными активами (SCADA, ГИС) успешно внедряются водоканалами, как правило, в рамках новых или реконструируемых объектов;
- комплекс информационных систем для финансово-хозяйственного управления ресурсами водоканала может быть реализован на базе «1С: Предприятие»;
- разработан (Минкомсвязью России совместно с Минстроем России) механизм по управлению «портфелем заказов» от абонентов и организацией системы приема оплаты за услугу (ГИС ЖКХ), который находится на начальной стадии оформления баз данных.

ПО для самого верхнего уровня является BI-система (Business intelligence), которая выполняет функцию перевода информации в стандартные для бизнес-анализа формы, а также способно распространять управленческие решения на исполнителей.

Практика использования указанного ПО свидетельствует о недостаточной степени конвергенции (слияния), что усложняет и затрудняет его внедрение, вызвано уровнем состояния элементов ПО в целом на предмет их совместимости.

Особую группу составляет ПО информационной и технической безопасности. С 01.01.2018 вступает в силу Федеральный закон № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [8]. Указ Президента РФ [9] определяет задачи по созданию государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы РФ. Для обеспечения информационной безопасности требуется привлекать компании, имеющие лицензии ФСБ России.



Таблица 2.

Информационные системы и ПО, которые могут быть использованы для организации ЕИП предприятия «Водоканал»

Обозначение	Системы	Пример наименования ПО	Разработчик
<b>Автоматизированная информационная система предприятия</b>			
<b>ГИС ЖКХ</b>	Государственная информационная система ЖКХ	СУБД: Единая федеральная централизованная информационная система, функционирующая на основе программных, технических средств и информационных технологий	ЛАНИТ и др. компании РФ, например PostgreSQL (работа с базами данных)
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition	Индивидуальная разработка, существуют элементы стандартного ПО: SCADA TRACE MODE	ООО АдАстра Рисерч Груп (РФ)
<b>ГИС</b>	Geographical information system	СУБД: ГИС Zulu	ООО «Политерм»
<b>CAD CAE</b>	Computer Aided Design, Computer Aided Engineering	САПР: AutoCAD, КОМПАС APM Civil Engineering, CATIA	Autodesk, АСКОН МГТУ им. Н.Э. Баумана, IBM
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing	САПР: CATIA, Pro/ENGINEER	IBM, ООО «ПРО Текнолоджи»
<b>FRP</b>	Finance Requirements Planning	Управленческий и финансовый учет	1С: Предприятие
<b>MRP</b>	Material Requirements Planning	Галактика ERP 9.1	Корпорация «Галактика»
<b>MES</b>	Management Execution System	T-Factory-6	AdAstra Research Group (РФ)
<b>PDM MDM</b>	Product Data Management, Master Data Management	Управление инженерными данными и НСИ	1С: Предприятие
<b>Комплексное финансово-хозяйственное управление ресурсами предприятия (ERP)</b>			
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning	Комплексное управление ресурсами предприятия	Все эти функции ПО могут быть обеспечены продуктами 1С: Предприятие
<b>SFM WMS TMS</b>	Shop Floor Management, Warehouse Management System, Transportation Management System	Управление продажами, логистикой и транспортом, складом	
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management	Управление взаимоотношениями с клиентами	
<b>EAM</b>	Enterprise Asset Management	Управление ремонтами	
<b>HRM</b>	Human Resource Management	Зарплата, управление персоналом и кадровый учет	
<b>ITIL</b>	IT Infrastructure Library	Управление информационными технологиями	
		Бухгалтерский и налоговый учет	
		Документооборот	
<b>PMO EPM BI</b>	Project Management Office, Enterprise Performance Management, BI = PMO + EPM	Управление проектами и портфелями проектов	

Побочным эффектом цифровизации являются реальные угрозы и риски кибератак и кибервойн. Широкомасштабное использование облачных технологий комфортно в быту любому пользователю, но не стоит забывать, что привычные системы iOS, Android, Windows 10 Cloud Shell зарубежного происхождения существенно снижают уровень информационной безопасности российских предприятий. Нет ничего странного в том, что они могут содержать преднамеренную уязвимость.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная концепция «Цифровой водоканал» представляет перспективы будущего. Несмотря на это, инструменты и возможности уже существуют и эффективно используются сегодня. Водоканалы внедряют обозначенные процедуры, ликвидируют расточительные процессы, планируют «цифровые» мероприятия, картируют инфраструктуру (ГИС) и повышают уровень обслуживания абонентов (ГИС ЖКХ), сокращают затраты, начинают использовать имитационные модели, обучают кадры и эксплуатируют системы цифрового (аппаратно-программного) комплекса. Представленные примеры (см. рис. 1, 2, табл. 2), уже сегодня демонстрируют готовность рынка к обеспечению цифровыми продуктами потребностей Цифровых водоканалов.

Представленная концепция технически реализуема. Внедрение концепции одновременно на всех объектах цифровизации в водоканалах пока сдерживается недостатком ресурсов: инвестиций, квалифицированного персонала, степенью совместимости средств ПО, а также особенностью периода – необходимостью обеспечения безопасности критической информационной инфраструктуры РФ.

Реализация концепции заключается во внедрении стратегически обоснованных методов перестройки управления и экономики водоканала на основе широкой интеграции цифровых технологий с производственными и информационными активами при руководящей роли человеческого интеллекта. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. ШВАБ К. ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ / «ЭКСМО». 2016. с. 138.
2. «ЦИФРОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ» ПРИНЯТО ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИЕЙ // CONNECT. № 1–2. 2017. – С. 26–31.
3. WATER 4.0. PUBLISHED BY: GERMAN WATER PARTNERSHIP E. V. REINHARDTSTR. 32 – 10117 BERLIN GERMANY. 2017. P. 22. РЕЖИМ ДОСТУПА: [HTTP://WWW.GERMANWATERPARTNERSHIP.DE/FILEADMIN/PDFS/GWP\\_MATERIALIEN/GWP\\_BROCHURE\\_WATER\\_4.0.PDF](http://www.germanwaterpartnership.de/fileadmin/PDFS/GWP_MATERIALIEN/GWP_BROCHURE_WATER_4.0.PDF) ДАТА ДОСТУПА: 28.11.2017.
4. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 09.05.2017 № 203 «О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2017–2030 ГОДЫ».
5. ПОСЛАНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РФ В.В. ПУТИНА ФЕДЕРАЛЬНОМУ СОБРАНИЮ РФ ОТ 1 ДЕКАБРЯ 2016 Г. РЕЖИМ ДОСТУПА: [HTTP://BASE.GARANT.RU/71552000/](http://base.garant.ru/71552000/). ДАТА ДОСТУПА: 28.11.2017.
6. ГОСТ Р 53798-2010. СТАНДАРТНОЕ РУКОВОДСТВО ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ МЕНЕДЖМЕНТ-СИСТЕМАМ (ЛИМС).
7. БАЖЕНОВ В.И. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ВОДОЧИСТНЫХ ПРОЦЕССОВ // ЯКОВЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ. IX НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ. (СБОРНИК ДОКЛАДОВ – М., 18–19 МАРТА 2014 Г.), МГСУ, – с. 112–116.
8. БАЖЕНОВ В.И., САМБУРСКИЙ Г.А. КАКИЕ СТАНДАРТНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ, МОДЕЛИРУЮЩИЕ РАБОТУ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ, ПРИМЕНЯЮТСЯ? // ЖУРНАЛ «НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ». 2014. № 1. С. 44–50.
9. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РФ ОТ 15 ЯНВАРЯ 2013 Г. № 31с «О СОЗДАНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК НА ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ».



**Grossmann**  
Group

Гроссманн Групп – эксперт в области предоставления комплексных технологических решений для предприятий нефтегазовой, химической, энергетической и других отраслей

- Свыше **1500** сотрудников
- **10** направлений бизнеса
- **5** производственных площадок
- **2** проектные организации
- Свыше **30** лет международного опыта
- Более **300** реализованных комплексных проектов
- **22** собственные компании, совместные предприятия и международные представительства

[www.grossmann.group](http://www.grossmann.group)



## Направления деятельности

- Системы водоподготовки, водоочистки и системы фильтрации
- Вакуумные технологии
- Системы слива-налива для нефтехимической промышленности
- Газовые системы
- Системы очистки резервуаров

Штаб-квартира  
Wiesensteiger Str. 6  
73342 Bad Ditzgenbach -  
Stuttgart, Germany  
Fon: +49 7335 9619 0  
Fax: +49 7335 9619 25

Офисы в России  
Москва, 123610  
Краснопресненская наб.  
12, Центр международной  
торговли, офис 1209  
Тел. +7 (495) 980-26-73

Санкт-Петербург, 191028  
Литейный проспект, 26  
БЦ «Преображенский двор»  
4 этаж, офис 416  
Тел. +7 (812) 670-04-61  
[info@grossmann-russia.ru](mailto:info@grossmann-russia.ru)

**В 2017 году в журнале «НДТ»  
опубликованы решения более 40 проблем,  
в 2018 г. их будет еще больше!**

40 ЛЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРИФУГ НА ОЧИСТНЫХ СОУЩЕСТВУЮЩИХ СОУЩЕСТВУЮЩИХ ЛЕНИНГРАДА – САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: ОСНОВНЫЕ ИТОГИ НДТ № 1'2017 С. 32–38	ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ НДТ В ОБЪЕМАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ СОУЩЕСТВУЮЩИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ НДТ № 1'2017 С. 39–53	 КОМБИНИРОВАННЫЙ ДЕЗИНФЕКТАНТ «ДИОКСИД ХЛОРА И ХЛОР» – АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННОМУ ХЛОРИРОВАНИЮ НДТ № 2'2017 С. 18–28	 БИОЛОГИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ФОСФОРА ПРАКТИЧЕСКИ ДО НУЛЯ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ НДТ № 2'2017 С. 29–35	РЫБОЗАЩИТНЫЕ СОУЩЕСТВУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ПОТООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НДТ № 2'2017 С. 36–46	ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УДОБРЕНИЯ НДТ № 2'2017 С. 51–53
 АВТОМАТИЗАЦИЯ: КАК СДЕЛАТЬ ОЧИСТНЫЕ СОУЩЕСТВУЮЩИХ КОТОРЫЕ НЕ МОГУТ РАБОТАТЬ НЕПРАВИЛЬНО НДТ № 3'2017 С. 26–37	СЖИГАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД СТАВОВАЯ ДОСТУПНЫМ ДЛЯ ВОДОКАНАЛОВ НДТ № 3'2017 С. 42–50	 ЖУРНАЛ ЛУЧШЕЙ ПРАКТИКИ		КОНЦЕССИЯ: СОВМЕСТНЫЙ КОНКУРС В ОТНОШЕНИИ ОБЪЕКТОВ КОММУНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НДТ № 3'2017 С. 4–6	ОПЫТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ОСНОВЕ ОТРАСЛЕВОГО СПРАВОЧНИКА ПО НДТ НДТ № 3'2017 С. 12–25
СИСТЕМА АЭРОБНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ИЛИ AQUANEREDA® НДТ № 3'2017 С. 55–63	КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ. ДЕЛОВАЯ ИГРА НА АО «МОСВОДОКАНАЛ» НДТ № 4'2017 С. 8–31	 ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЛАВНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ Г. ЕГОРЬЕВСКА НДТ № 5'2017 С. 20–26	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СОУЩЕСТВУЮЩИХ НДТ № 5'2017 С. 27–38	 ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ НДТ: ПРИМЕР ЮЗОС ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА» НДТ № 6'2017 С. 8–21	

**Не успели подписаться в отделениях связи?  
Редакционная подписка через сайт –  
с любого месяца на любой срок.**

**Оформить подписку:**  
<https://vodexp.com/ndt>  
тел. (499) 137-50-26  
[ndt@vodexp.com](mailto:ndt@vodexp.com)



## В России начато производство оборудования для систем вакуумной канализации ROEDIGER®

В Санкт-Петербурге на производственных площадках ООО «Гроссманн Вотер Текнолоджис» (учреждено германо-российской управляющей компанией Гроссманн Групп) начато производство оборудования марки Roediger® по лицензии немецкого производителя Аксептанс Групп (Aqseptence Group<sup>1</sup>), мирового лидера на рынке вакуумной канализации, занимающего 80 % данного рынка.

В ближайшей перспективе для поселков, находящихся в районах с высоким уровнем грунтовых вод (в первую очередь, расположенных на берегу Финского залива) предусмотрено применение вакуумной канализации. Конкурсы на строительство этих объектов проводит Комитет по энергетике и инженерному обеспечению Санкт-Петербурга.

### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕОБХОДИМЫ

Действующие на территории Российской Федерации нормативы в части транспортировки сточных вод (СНиП 2.04.03-85 и его актуализированная редакция СП32-13330-2012 Канализация. Наружные сети и сооружения) устанавливают, что «основным требованием при проектировании самотечных коллекторов является пропуск расчетных расходов при самоочищающих скоростях движения транспортируемых сточных вод». При этом наименьшим диаметром уличных канализационных сетей следует принимать 200 мм, а для уличной сети населенных пунктов с расходом до 300 м<sup>3</sup>/сут. допускается применение труб диаметром 150 мм (п. 5.3.1).

Во избежание заиливания канализационных сетей, минимальная скорость движения сточных вод при наибольшем наполнении труб диаметром 150–250 мм составляет 0,7 м/с. При этом минимальный уклон трубопроводов для труб диаметром 150 мм составляет 0,008. В отдельных случаях допускается – 0,007 (п. 5.5.1). С учетом всех этих требований расчетный расход от абонентов должен быть не менее 7 л/с.

<sup>1</sup> Aqseptence Group GmbH (ранее Bilfinger Water Technologies GmbH) является одним из ведущих мировых поставщиков установок, компонентов и услуг в области технологий водоснабжения и сепарации. Известна, прежде всего, под брендами Passavant, Johnson Screens, Diemme Filtration, Geiger, Roediger, Airvac и Noggerath. – *Примеч. ред.*

С другой стороны, при проектировании уличной канализации населенных пунктов расчетное удельное водоотведение бытовых сточных вод от частных домов и других объектов следует принимать в соответствии с рекомендациями СП31-13330 (Водоснабжение. Наружные сети и сооружения) табл. 1, где этот показатель находится в интервале от 125 до 280 л/сутки, в зависимости от степени благоустройства жилого района в части инженерной инфраструктуры. При 5 жителях частного дома и удельной норме водопотребления 210 л/чел сутки, с учетом общего коэффициента неравномерности, включающего внутрисовую, равного 3,0 (табл. 1 СП 32.13330.2012) расчетный максимальный расход сточных вод составит 0,036 л/с.

Сопоставляя минимально необходимый расход сточных вод для работы самотечной канализации в соответствии с требованием нормативов (7 л/сек) и поступление в канализационную уличную сеть стоков от одного частного жилого дома в количестве 0,036 л/с, убеждаемся в невозможности применения самотечной системы уличной канализации для транспортирования хозяйственно-бытовых стоков поселков.

## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ НАРУЖНОЙ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

На всех континентах накоплен очень большой опыт строительства и эксплуатации коттеджных поселков. С учетом вышеописанной проблемы наибольшее распространение в них получила система уличной канализации с вакуумным побуждением.

Система вакуумной канализации **ROEDIGER®** подразделена на три сегмента (рис. 1):

### 1. Вакуумная насосная станция.

Производство вакуума и центральная точка сбора (единственный потребитель электроэнергии во всей системе). В ее состав входит минимум один вакуумный резервуар.

### 2. Сеть вакуумируемых трубопроводов.



Рис. 1.  
СИСТЕМА ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Трубопроводы малых диаметров, проложенные практически без уклона, вблизи от поверхности земли соединяют приемные домовые камеры (колодцы) с вакуумной станцией.

### 3. Приемные домовые камеры (колодцы).

Поступающие самотеком из дома (с участка) сточные воды попадают в приемную камеру и при помощи вентиля вводятся в вакуумный трубопровод.

Приемная камера состоит из приёмного резервуара ёмкостью 50–350 л, в котором накапливается необходимый объем бытовых сточных вод (не менее 25 % суточной производительности) и камеры управления, где размещаются вакуумный клапан, датчик уровня и пневмораспределитель (прибор, управляющий вакуумным клапаном).

Приём бытовых стоков от самотечного трубопровода внутридомовой канализации (по объектам в Санкт-Петербурге принято решение о подсоединении к одной камере по два дома) в наружную вакуумную канализацию осуществляется с помощью вакуумного клапана, который размещается в блоке приемной камеры. Когда бытовые стоки, отводимые из домового выпуска в приёмную камеру, достигают заданного уровня, открывается

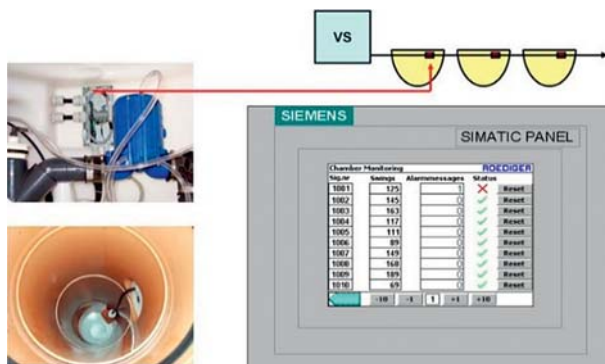
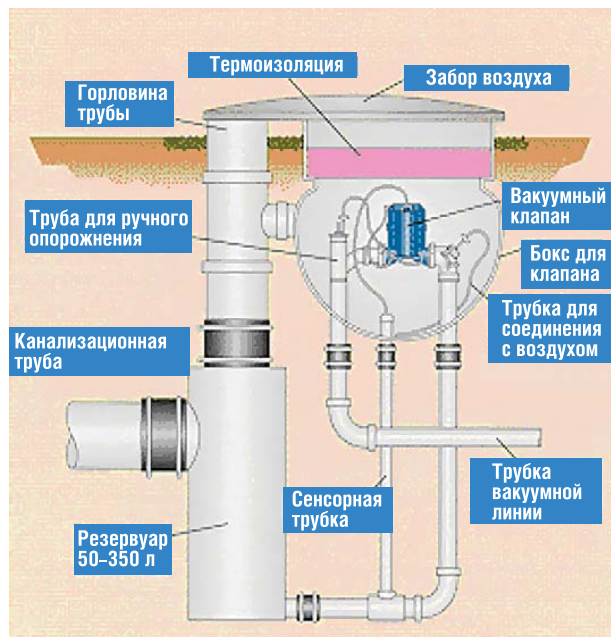
закрытый до этого момента вакуумный клапан, при этом сточные воды вытесняются из приёмной камеры в магистральный вакуумный трубопровод за счет разности между атмосферным давлением в приёмной камере и отрицательным давлением 25 кПа (0,25 бар), поддерживаемом с помощью вакуумных насосов в вакуумном трубопроводе. После опорожнения приёмной камеры вакуумный клапан снова закрывается.

Схема устройства приёмной камеры ROEVAC® изображена на рис. 2.

Контроль за приёмной камерой осуществляется в автоматическом режиме (рис. 3).

Бытовые стоки по подземному вакуумному трубопроводу транспортируются в направлении вакуумной насосной станции со скоростью 2–4 м/с за счет разницы между атмосферным давлением и отрицательным давлением в сети до тех пор, пока не уравновесятся силы,двигающие этот поток, и силы, препятствующие этому движению. В этом случае сточные воды приходят в точку, расположенную в нижней части профиля трубопровода.

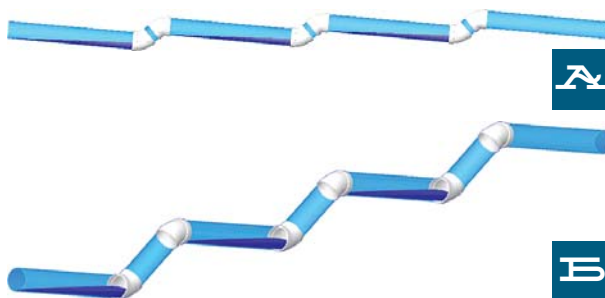
**Рис. 2.**  
**СХЕМА УСТРОЙСТВА ПРИЕМНОЙ КАМЕРЫ ROEVAC®**



**Рис. 3.**  
**АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОНТРОЛЯ ПРИЕМНОЙ КАМЕРЫ С ВЫВОДОМ ДАННЫХ В ДИСПЕТЧЕРСКУЮ ВОДОКАНАЛА**

Смесь бытового стока и воздуха под воздействием вакуума перемещается в канализационной сети по трубопроводу пилообразного профиля (рис. 4а) с частичным наполнением в самом низком месте (рис. 4б). Такой профиль системы используется во избежание расслоения водовоздушной смеси. Он создается с помощью двух отводов под углом 45°, соединяемых с помощью электросварных муфт.

Подземный вакуумный трубопровод изготавливается в соответствии с проектной документацией из полиэтиленовых труб ПЭНД-100 класса SDR-11 по ГОСТ 18599-2001, соединяемых с помощью электросварных муфт. В зависимости от производительности вакуумной системы, диапазон используемых диаметров труб в соответствии с расчётами в проектной документации изменяется от 90 до 250 мм.



**Рис. 4.**  
**ТРУБОПРОВОД ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ:**  
**А) ПИЛООБРАЗНЫЙ ПРОФИЛЬ;**  
**Б) ЧАСТИЧНОЕ НАПОЛНЕНИЕ В САМОМ НИЗКОМ МЕСТЕ**



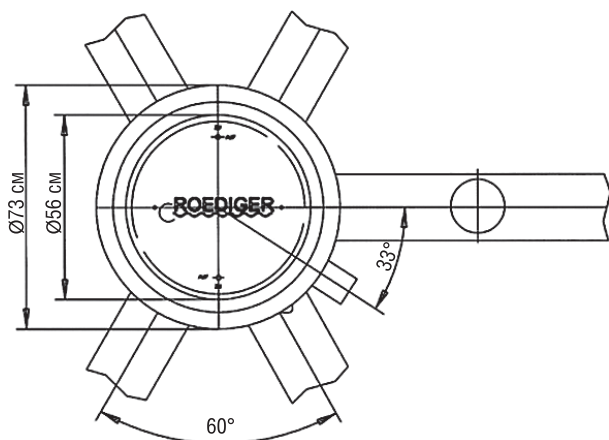
Для контроля и наладки системы трубопроводов на магистрали через 150 м устанавливаются контрольные патрубки (инспекционные блоки).

Имеются различные возможности установки/монтажа приемной камеры ROEVAC® типа G (рис. 5). К приемной камере ROEVAC® типа Z можно подключить до 5 гравитационных трубопроводов. При многократном подключении достаточно одной вентиляционной трубы.

Вакуумная станция ROEVAC® состоит из вакуумного резервуара (бака), 2-х и более вакуумных насосов (генераторов вакуума), а также канализационных насосов, перекачивающих бытовые сточные воды на очистные сооружения либо в сети городской канализации.

Уровень заполнения бытовыми стоками в вакуумном резервуаре вакуумной насосной станции регулируется с помощью перекачивающих канализационных насосов. Когда уровень стоков в резервуаре достигает заданной отметки, автоматически включаются канализационные насосы и бытовые стоки удаляются на очистные сооружения. В вакуумной ёмкости насосной станции с помощью вакуумных насосов поддерживается требуемое для эксплуатации давление разрежения 25 кПа, которое регулируется с помощью мембранных выключателей.

**Рис. 5.**  
**Конструкция приемной камеры ROEVAC**  
**типа G, обеспечивающая различные**  
**возможности установки/монтажа**



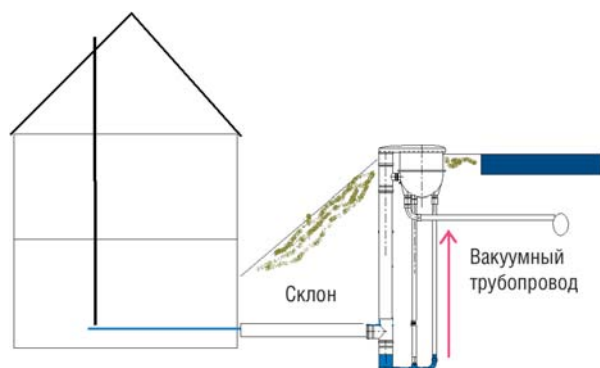
**Рис. 6.**  
**Вакуумный трубопровод**  
**и самотечно-напорная канализация**

Для возможности продолжения работы вакуумной насосной станции (в случае возникновения аварийной ситуации с подачей электроэнергии) в ее конструкции предусмотрен внешний разъем электропитания, предназначенный для подключения внешнего автономного источника электроэнергии. Все оборудование станции предусматривается во взрывобезопасном исполнении.

Схематично сравнение профилей вакуумного трубопровода и самотечно-напорной канализации приведено на рис. 6.

#### **Основные преимущества вакуумной канализации**

- Закрытая система: отсутствуют протечки, запахи, вредные насекомые.
- Отсутствует эксфильтрация и, как следствие, исключается загрязнение грунтовых вод.
- Отсутствует смешение с дождевыми и поверхностными стоками, что позволяет оптимально планировать и сокращать нагрузки на очистные сооружения.
- Высокая скорость потока в вакуумных каналах, что позволяет исключить заторы и седиментацию: отпадает необходимость в промывке (и осушении как при самотечных каналах).
- Мобильность благодаря специальной технологии укладки.
- Трубы малого диаметра (d90–d250).
- Менее глубокая и более быстрая выемка грунта.



**Рис. 7.**  
**Подъем сточных вод от домов,**  
**лежащего ниже уровня трубопровода**

- Отсутствует необходимость в контрольных колодцах.
- Обеспечивает возможность регулярных инспекций систем вакуумной канализации за счет инспекционных устройств, расположенных через каждые 150 м на трассе вакуумного трубопровода.
- Меньший объем сервисных работ на центральной станции.
- Обладает четкой системой мониторинга и непрерывного вывода информации о работе системы на центры управления/диспетчерские центры водоканалов и ответственным сотрудникам на мобильные телефоны через Интернет.
- Не требуется подачи электроэнергии (кроме центральной вакуумной станции).
- Центральная вакуумная станция оборудована энергосберегающей техникой.
- Возможность подъема сточных вод от домов, лежащего ниже уровня трубопровода (см. рис. 7).

### **ПРИМЕР ПРОЕКТА УСТРОЙСТВА ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ**

Рассмотрим проект устройства сетей водоотведения в поселке Торики, расположенном в Красносельском районе Санкт-Петербурга. Особенности территории является высокий уровень грунтовых вод и равнинный рельеф местности.

В связи с тем, что при проектировании традиционной самотечной канализации ее показатели – скорость движения потока, уклоны, диаметры – вступают в противоречие с заданными требованиями, в поселке предусмотрена вакуумная канализация. По проекту хозяйственно-бытовой сток от ИЖС сначала накапливается в резервуаре приемной камеры до заданного уровня, после чего через пневматически открывающийся клапан диаметром 3" (75 мм) направляется в уличную канализационную сеть.

В проекте предусмотрены приемные камеры комплектной поставки фирмы Bilfinger Water Technologies GmbH Z 75 (3"). При этом суммарный объем канализационной сети абонента и приемной камеры наружной сети вакуумной канализации равен объему суточного водоотведения абонента, что позволяет в экстремальных ситуациях выполнить ремонтные работы в течение одних суток.

Минимальное давление в уличной сети вакуумной канализации, как уже сказано, поддерживается автоматически на уровне 25 кПа, что обеспечивает нормальные условия для срабатывания и удержания в открытом состоянии приемного клапана для пропуска заданного объема бытового стока и необходимого количества воздуха. Все трубопроводы системы канализации выполняются из полиэтиленовых труб ПЭ 100-RC по ГОСТ 18599 SDR-11 и соединяются между собой также с помощью электросварных муфт. Срок службы таких сетей – 100 лет, при соблюдении правил их эксплуатации.

В местах изменения диаметра проектом предусмотрена установка редукторов заводского изготовления.

Конфигурация вакуумных трубопроводов предусматривает целый ряд конструктивных особенностей:

- присоединение к магистрали в горизонтальной плоскости выполняется под углом 45° с помощью тройников;
- присоединение к магистрали в вертикальной плоскости выполняется в верхнюю часть трубопровода в интервале  $\pm 60^\circ$  от вертикальной оси трубы;

- в верхних точках восходящего участка пилообразного профиля предусмотрены инспекционные устройства;

- через каждые 450 м проектом предусмотрена установка секционных задвижек с обрезиненным клином и не выдвижным штоком (типа AVK) диаметром соответствующим диаметру участка сети;

- такая же арматура устанавливается на уличных присоединениях к магистралям длиной более 200 м;

Для обеспечения минимально необходимого давления у наиболее удаленного приемного колодца в составе проекта выполнен гидropневматический расчет элементов системы вакуумной канализации поселка Торики. Результаты расчета показывают, что сумма максимальных статических разниц высот давления на участках сети не превышает 4,5 м, что позволяет обеспечить надежную работу системы, поддерживая в ней вакуум –60 кПа (–0,6 бар). Бытовой сток от абонентов по системе вакуумных трубопроводов подается в вакуумную емкость, размещаемую на территории вакуумной насосной станции. В данном проекте предусмотрено использование вакуумной емкости «горизонтального» типа с размещением перекачивающих насосов в отдельной заглубленной камере, расположенной в едином комплексе станции. Там же, в наземном павильоне размещены генераторы вакуума и щиты управления станцией. Воздух, удаляемый из вакуумной емкости, перед выбросом в атмосферу проходит очистку в фильтре с активированным углем. Сигнал о наполнении и срабатывании приемного клапана, а также сигнал о несанкционированном доступе к приемной камере абонента передается в блок управления вакуумной станции, который в случае неполадок передает сигнал тревоги в диспетчерский пункт водоканала.

**Статья подготовлена ПРЕСС-СЛУЖБОЙ**

**ГРОССМАНН ГРУПП**

**INFO@GROSSMANN-RUSSIA.RU**

**WWW.GROSSMANN.GROUP**

## Выводы

### **Система вакуумной канализации ROEDIGER®:**

- Альтернатива самотечной и напорной канализации, зарекомендовавшая себя в течение 40 лет успешного применения

- Соответствует европейским стандартам DWA A116-1 и EN1091

- Соответствует требованиям СНиП

- Применена и рекомендована большим количеством муниципалитетов и проектных институтов более чем в 20 странах Европы, Азии, Африки, Северной Америки и Австралии

- При динамическом сопоставлении расходов в большинстве случаев дешевле традиционных систем (в сельской местности возможно сокращение строительных расходов на 20–50 %)

### **Вакуумная канализация ROEDIGER® рекомендована для использования в следующих условиях:**

- Жилые районы городов и пригородов/поселков, а также промышленные зоны для малого и среднего бизнеса

- Дачные участки и садово-огороднические участки (сильное колебание поступления стоков)

- Освоение новых районов

- Канализование в прибрежной зоне озер, рек и в паводковых зонах

- Подсоединение зданий или микрорайонов, лежащих в низине

- Реконструкция канализации

- Поселки в природоохранных и водоохранных зонах

Гроссманн Групп и ее партнеры (специализированные петербургские компании) имеют в своем составе высококвалифицированный инженерно-технический состав, прошедший специальное обучение в Германии, что уже сегодня позволяет с уверенностью предлагать сервис производимого оборудования.

Гроссманн Групп готова поддержать не только масштабные цели намеченных Правительством г. Санкт-Петербурга проектов в области централизованных систем водоснабжения и водоотведения на самом высоком профессиональном уровне, но и обеспечить сроки поставки оборудования для их реализации. ●

# Методика расчета вакуумной канализации

И.И. Иваненко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

Н.А. Урпин, магистрант

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (СПбГАСУ) КАФЕДРА «ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИИ»

В этом номере журнала<sup>2</sup>, рассмотрены проблемы самотечного водоотведения территорий с малоэтажной застройкой и низкой плотностью населения (деревень, коттеджных поселков и др.), а также рекреационных объектов временного использования и описаны преимущества и основные принципы устройства вакуумных канализационных систем (ВКС). Эти системы известны более 130 лет, а практическое промышленное использование осуществляется уже несколько десятилетий по всему миру [1–3]. Опыт применения ВКС в России практически отсутствует, нет методик расчета таких систем.

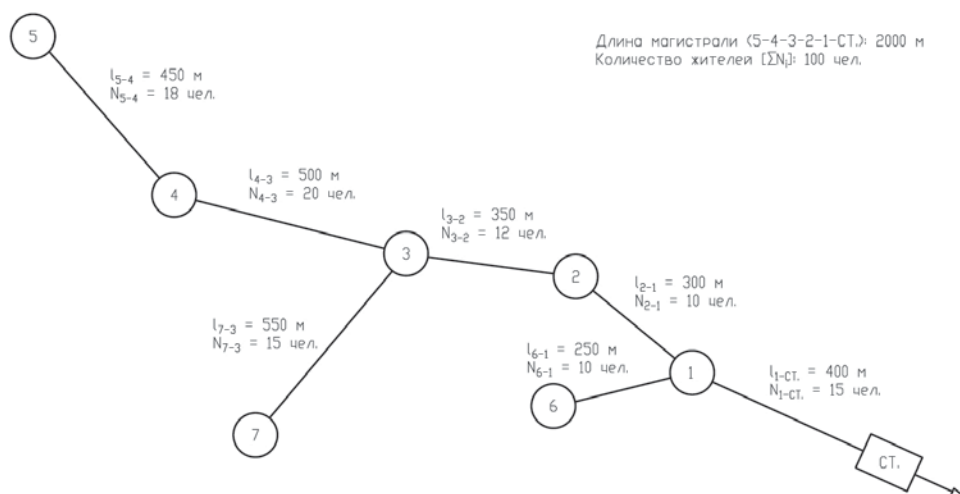
Проводится изучение параметров движения сточной воды и воздуха в напорных двухфазных системах, однако способ проектирования, объединяющий эти исследования применительно к ВКС, пока не был разработан [4–8].

Авторами настоящей статьи поставлена задача, базируясь на анализе европейских нормативных документов, исследованиях ряда российских и зарубежных специалистов [9–13], сделать первый шаг к созданию полномасштабной российской методики расчета ВКС.

Расчет ВКС включает расчет сети вакуумных трубопроводов и расчет центральной вакуумной станции (ЦВС).

Перед началом расчета вакуумных трубопроводов производится трассировка сети, определяются расчетные участки и количество жителей на каждом из них (пример приведен на рис. 1).

**Рис. 1.**  
**РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ВАКУУМНОГО ТРУБОПРОВОДА.**  
**СТ – ЦЕНТРАЛЬНАЯ ВАКУУМНАЯ СТАНЦИЯ**



<sup>1</sup> Иваненко Ирина Ивановна, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, e-mail: i5657@mail.ru.

<sup>2</sup> См. с. 50–55.



ТАБЛИЦА 1. РАСЧЕТ СЕТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Номер участка	Длина участка, м	Удаленность расположения начальной точки участка от вакуумной станции, м	Число жителей на участке, чел	Число жителей вверху по потоку, чел	Отношение воздух/вода на участке	Среднее отношение воздух/вода вверху по потоку	Условный проход участка, мм	Расстояние между двумя ближайшими наименьшими точками, м	Количество наименьших точек на участке	Статический перепад давления на участке, м	Статический перепад давления по сети, м
i	L <sub>i</sub>	L <sub>ст. i</sub>	N <sub>i</sub>	ΣN <sub>i</sub>	f <sub>i</sub>	f <sub>ср. i</sub>	DN <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	n <sub>i</sub>	h <sub>i</sub>	Σh <sub>i</sub>
5-4	450	2000	18	18	8,1	8,1	65	100	4	0,8	0,8
4-3	500	1550	20	38	6,5	7,3	65	100	5	1,0	1,8
7-3	550	1600	15	15	6,7	6,7	65	100	5	1,0	1,0
3-2	350	1050	12	65	4,8	6,7	65	100	3	0,6	2,4
2-1	300	700	10	75	3,6	6,3	65	100	3	0,6	3,0
6-1	250	650	10	10	3,4	3,4	65	100	2	0,4	0,4
1-СТ.	400	400	15	100	2,7	5,5	65	100	4	0,8	3,8
	L <sub>М</sub> 2000 м		Σ(N <sub>i</sub> ) 100 чел								

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Данные для сети 5-СТ. (рис. 2) и результаты расчета по участкам сети представлены в табл. 1. Для пояснения принципов методики далее в каждом пункте приводится расчет сети для магистрали 5-СТ.

## 2. РАСЧЕТ ОБЩИХ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

2.1. Линейная плотность населения (ЛПН) определяется как отношение общего числа жителей, присоединенных к сети (Σ(N<sub>i</sub>)) к длине магистрали (L<sub>М</sub>):

$$\text{ЛПН} = \Sigma(N_i) / L_M$$

Для сети 5-СТ.: ЛПН = Σ(N<sub>i</sub>) / L<sub>М</sub> = 100 / 2000 = 0,2.

2.2. Соотношение воздух/вода на сети без учета неравномерности распределения населения по магистрали (f<sub>0</sub>) определяется по графику, представленному на рис. 2, исходя из длины магистрали (L<sub>М</sub>) и линейной плотности населения (ЛПН).

Для сети 5-СТ., при ЛПН = 0,2 и L<sub>М</sub> = 2000 м, f<sub>0</sub> = 4.

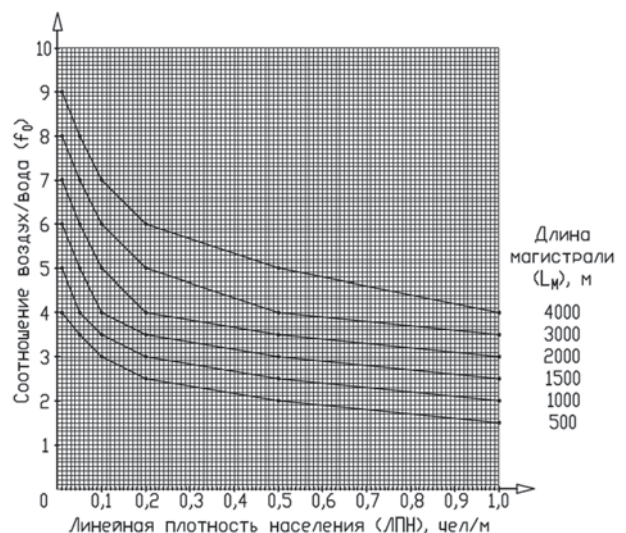


РИС. 2. ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ F<sub>0</sub> ОТ L<sub>М</sub> И ЛПН

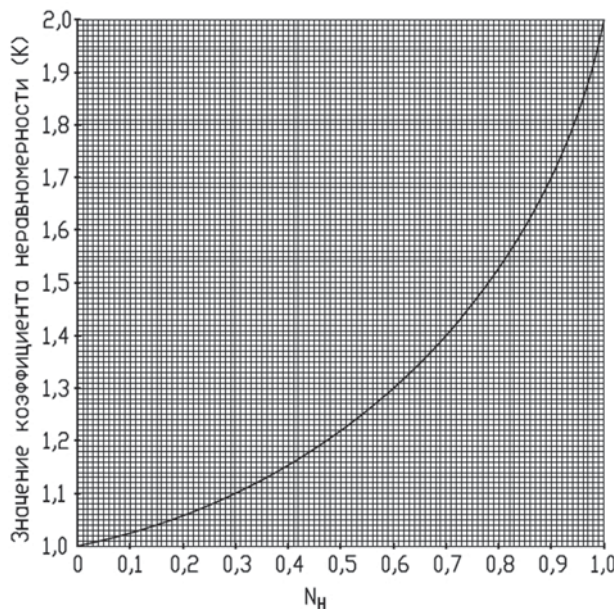


Рис. 3. График зависимости K от  $N_H$

2.3. Коэффициент неравномерности распределения населения по длине магистрали (K) определяется графическим способом (см. рис. 3) исходя из отношения ( $N_H$ ) числа жителей на участках, расположенных от вакуумной станции на удалении больше, чем половина длины магистрали ( $N_{уд.}$ ), к общему числу жителей на сети ( $\sum(N_i)$ ):

$$N_H = N_{уд.} / \sum(N_i)$$

Для сети 5-СТ.:

$N_H = N_{уд.} / \sum(N_i) = 65 / 100 = 0,65$ , по графику  $K = 1,35$

2.4. Среднее соотношение воздух/вода по всей сети трубопровода ( $f_{ср. общ.}$ ) вычисляется по формуле:

$$f_{ср. общ.} = f_0 \cdot K$$

Для сети 5-СТ.  $f_{ср. общ.} = f_0 \cdot K = 4 \cdot 1,35 = 5,4$

### 3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ для КАЖДОГО УЧАСТКА СЕТИ

3.1. Местная величина соотношения воздух/вода ( $f_i$ ) для самого удаленного от вакуумной станции участка сети принимается равной  $1,5 \cdot f_{ср. общ.}$ , а для участка непосред-

ственно перед вакуумной станцией – равной  $0,5 \cdot f_{ср. общ.}$ . Местная величина соотношения воздух/вода для всех остальных участков сети определяется графическим способом (см. рис. 4).

Для сети 5-СТ.:  $f_{5-4} = 1,5 \cdot 5,4 = 8,1$ ;  $f_{1-СТ.} = 0,5 \cdot 5,4 = 2,7$ .

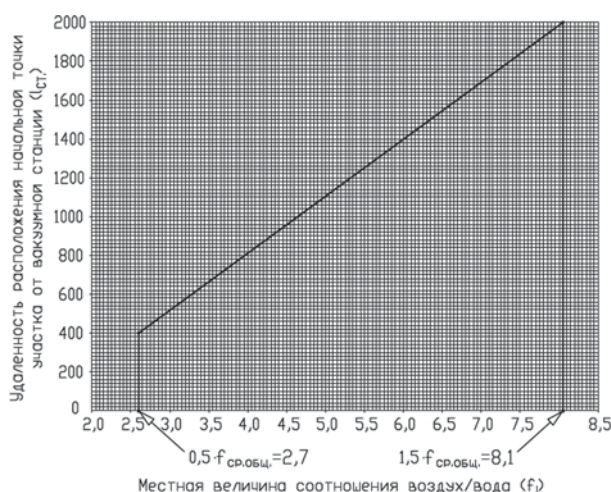


Рис. 4. График зависимости  $f_i$  от  $L_{СТ.}$

По графику:  $f_{4-3} = 6,5$ ;  $f_{7-3} = 6,7$ ;  $f_{3-2} = 4,8$ ;  $f_{2-1} = 3,6$ ;  $f_{6-1} = 3,4$ .

3.2. Среднее соотношение воздух/вода вверх по потоку ( $f_{ср. i}$ ) определяется по формуле:

$$f_{ср. i} = \sum(N_i \cdot f_i) / \sum N_i$$

Среднее соотношение воздух/вода вверх по потоку ( $f_{ср. i}$ ) на удаленных участках превышает рассчитанное среднее значение для всего трубопровода ( $f_{ср. общ.}$ ) и снижается до среднего значения в направлении вакуумной станции.

Для сети 5-СТ.:

$$f_{ср. 5-4} = (18 \cdot 8,1) / 18 = 8,1;$$

$$f_{ср. 4-3} = (18 \cdot 8,1) + (20 \cdot 6,5) / 38 = 7,3;$$

$$f_{ср. 7-3} = (15 \cdot 6,7) / 15 = 6,7 \text{ и т.д.}$$

3.3. С помощью нормативных значений условных проходов трубопроводов, представленных в табл. 2, подбираются условные проходы участков магистрали.

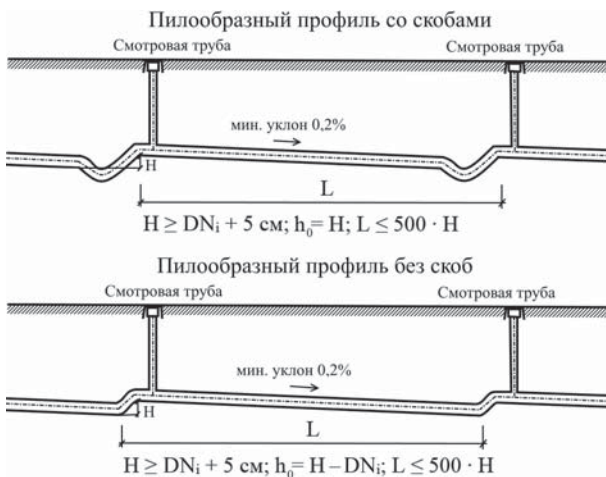
**Таблица 2. Нормативные значения для подбора условных проходов**

Среднее соотношение воздух/вода вверх по потоку на участке магистрали ( $f_{ср.л}$ )	DN65	DN80	DN100
	Число жителей вверх по потоку на участке магистрали ( $\sum N_i$ )		
2	0–110	0–350	250–600
4	0–65	0–200	135–340
6	0–45	0–140	95–240
8	0–35	0–105	75–185

По табл. 2 для сети 5-СТ. условный проход всех участков принимается равным 65 мм.

3.4. Выбор вида продольного профиля для каждого участка производится исходя из его условного прохода. Пилообразные продольные профили с так называемыми скобами (см. рис. 5) применяются при DN = 65 и DN = 80, профили без скоб – начиная с DN = 100.

Для сети 5-СТ.: Исходя из условного прохода трубопровода, выбирается пилообразный профиль со скобами.



**Рис. 5. Примеры продольных профилей**

3.5. Количество наинизших точек на каждом участке ( $n_i$ ) рассчитывается:

$$n_i = l_i / L_i, \quad (1.5)$$

где  $l_i$  – длина участка, а  $L_i$  – расстояние между наинизшими точками (принимается не более 500 H, см. рис. 5).

Для сети 5-СТ.:  $n_{5-4} = 450 / 100 = 4,5 \approx 4$ ;

$$n_{4-3} = 500 / 100 = 5;$$

$$n_{7-3} = 550 / 100 = 5,5 \approx 5 \text{ и т.д.}$$

3.6. Максимальный статический перепад давления на участке ( $h_i$ ) рассчитывается по формуле:

$$h_i = n_i \cdot h_0, \text{ где:}$$

$n_i$  – количество наинизших точек на участке,

$h_0$  – перепад высот между самой нижней точкой и последующей самой высокой точкой ( $H_i$ ), уменьшенный на условный проход участка трубопровода ( $DN_i$ ).

Для сети 5-СТ. значения  $h_i$  и  $\sum h_i$  рассчитываются следующим образом (см. табл. 1):

$$h_{5-4} = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ м;}$$

$$h_{4-3} = 5 \cdot 0,2 = 1,0 \text{ м;}$$

$$h_{7-3} = 5 \cdot 0,2 = 1,0 \text{ м и т.д.}$$

#### 4. Расчет ЦВС

4.1. Среднесуточный расход стоков для всей сети ( $q_{ср. сут.}$ ) определяется в соответствии с табл. А.2 СП 30.13330.2016 и учетом общего количества жителей ( $\sum(N_i)$ ):

$$q_{ср. сут.} = q_N \cdot \sum(N_i) / 24, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Суточная норма водоотведения принята равной 210 л/сут, расход для сети 5-СТ. составит:  $q_{ср. сут.} = q_N \cdot \sum(N_i) / 24 = 210 \cdot 100 / 24 = 880 \text{ л/ч} = 0,88 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,24 \text{ л/с.}$

4.2. Максимальный ( $q_{max}$ ) и минимальный ( $q_{min}$ ) расход канализационных стоков принимаются в соответствии с табл. 1 СП 32.13330.2012.

Для сети 5-СТ.:  $k_{max} = 3,0$ ;  $k_{min} = 0,38$ ;  
 $q_{max} = q_{ср. сут.} \cdot k_{max} = 0,88 \cdot 3,0 = 2,64 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  
 $q_{min} = q_{ср. сут.} \cdot k_{min} = 0,88 \cdot 0,38 = 0,33 \text{ м}^3/\text{ч}$

4.3. Расход воздуха в системе ( $v$ ) представляет собой произведение среднего соотношения воздух/вода по всей сети трубопровода ( $f_{ср. общ.}$ ) на максимальный расход канализационных стоков ( $q_{max}$ ):

$$v = f_{ср. общ.} \cdot q_{max}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для сети 5-СТ. расход воздуха составит:  
 $v = f_{ср. общ.} \cdot q_{max} = 5,4 \cdot 2,64 = 14,3 \text{ м}^3/\text{ч}$

4.4. Производительность вакуумного насоса ( $Q_{н. вак.}$ ):

$$Q_{н. вак.} = v \cdot K_j \cdot P_a / P_{тр.}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $K_j$  – коэффициент запаса для насоса, определяется по графику, представленному на рис. 6, в зависимости от ЛПН,  $P_a$  – атмосферное давление,  $P_{тр.}$  – давление в вакуумном трубопроводе.

Для сети 5-СТ., в соответствии с графиком на рис. 7,  $j = 1,68$ .



Производительность вакуумного насоса составит:

$$Q_{\text{н. вак.}} = v \cdot K_j \cdot P_a / P_{\text{тр.}} = 14,3 \cdot 1,68 \cdot 100 / 40 = 60,1 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

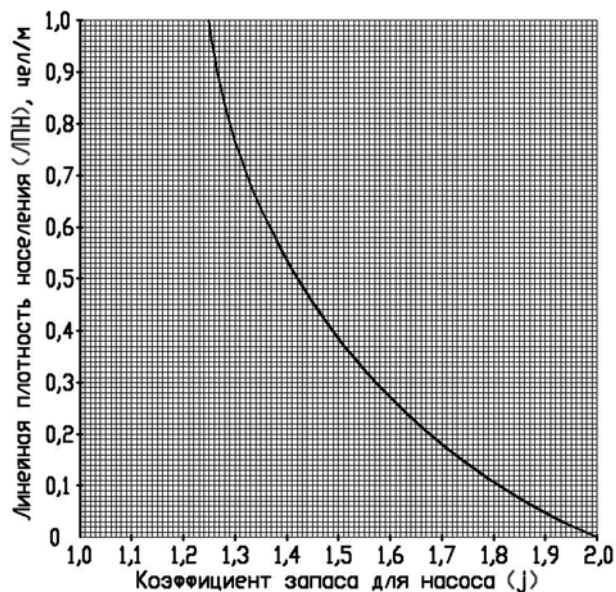


Рис. 6. График зависимости j от ЛПН

4.5. Производительность канализационного насоса ( $Q_{\text{н. кан.}}$ ) равняется максимальному расходу канализационных стоков ( $q_{\text{max}}$ ):

$$Q_{\text{н. кан.}} = q_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для сети 5-СТ.: } Q_{\text{н. кан.}} = q_{\text{max}} = 2,64 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4.6. Объем жидкости в сборном резервуаре ( $W_{\text{рез.}}$ ):

$$W_{\text{рез.}} = q_{\text{min}} / n_{\text{кан.}} \cdot (1 - q_{\text{min}} / Q_{\text{н. кан.}}), \text{ м}^3$$

$n_{\text{кан.}}$  – допустимое число включений-выключений канализационного насоса в час.

$$\text{Для сети 5-СТ.:}$$

$$W_{\text{рез.}} = q_{\text{min}} / n_{\text{кан.}} \cdot (1 - q_{\text{min}} / Q_{\text{н. кан.}}) = 0,33 / 3 \cdot (1 - 0,33 / 2,64) = 0,03 \text{ м}^3$$

4.7. Объем сборного резервуара ( $V_{\text{рез.}}$ ) определяется по формуле:

$$V_{\text{рез.}} = 3 \cdot W_{\text{жидк.}} + 1,5, \text{ м}^3$$

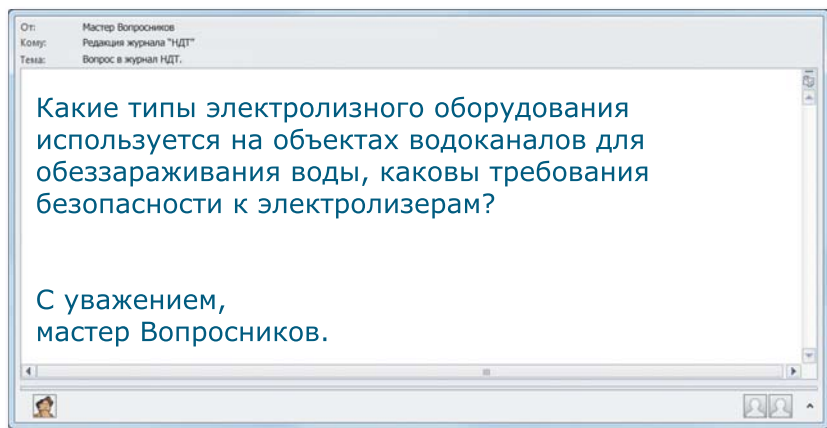
$$\text{Для сети 5-СТ.: } V_{\text{рез.}} = 3 \cdot W_{\text{рез.}} + 1,5 = 3 \cdot 0,03 + 1,5 = 1,59 \text{ м}^3$$

Разработанная методика предлагается для опытного применения проектными организациями и как первый шаг к созданию полноценного российского нормативного документа, регулирующего проектирование, строительство и эксплуатацию ВКС. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. РЫБАКОВ Р.Р. ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. НАРУЖНАЯ ВАКУУМНАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ // ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. – 2014. – № 3. – С. 46–48.
2. VACUFLOW (EN) ARCHIEVEN // QUA VAC : [официальный сайт]. – [Б. м.] : QUA VAC, 2008–2017. – Режим доступа: [HTTP://QUAVAC.COM/CATEGORY/VACUFLOW-EN/](http://quavac.com/category/vacufLOW-EN/) (10.11.2017).
3. FLOVAC VACUUM SEWERAGE PROJECTS// FLOVAC: [официальный сайт]. – [Б. м.] : FLOVAC SYSTEMS, 2012–2017. – Режим доступа: [HTTPS://FLOVAC.COM/FLOVAC-VACUUM-SEWERAGE-PROJECTS/](https://flovac.com/flovac-vacuum-sewerage-projects/) (10.11.2017).
4. Нездойминов В.И. ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ в Украине / В.И. Нездойминов, Н.И. Григоренко, Д.В. Заворотный // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТБ АБУ, 2010. – (60). – С. 241–247.
5. Нездойминов В.И. МОДЕЛЬ РАБОТЫ И РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ / В.И. Нездойминов, В.С. Рожков, Н.И. Григоренко // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТБ АБУ, 2012. – (70). – С. 312–317.
6. Григоренко Н.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ // Вестник ДОННАСА. – МАКЕЕВКА. – №2011–3(89). – С. 110–112.
7. МЕХАНИКА ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМ: УЧЕБНИК для ВУЗов / Д. А. Лабунцов, В. В. Ягов. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 374 с.
8. ГИДРАВЛИКА ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ в ТРУБОПРОВОДАХ: УЧЕБНИК для ВУЗов / В.И. Марон – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 256 с.
9. CHRISTOPHER E. BRENNEN FUNDAMENTALS OF MULTIPHASE FLOWS. – PASADENA, CALIFORNIA: CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2008. – 410 p.
10. TROSINETSKY E., SHEMER L., BARNEA D. GAS-LIQUID INTERFACIAL DISTRIBUTION IN INCLINED DOWNWARD PIPE FLOW. – WARSAW.: ICTAM, 2004. – 352 p.
11. HAWN C. UNDERSTANDING VACUUM SEWER TECHNOLOGY / C. HAWN // WATER ENVIRONMENT & TECHNOLOGY (WE&T). – 2011. – Vol. 23, No. 5. – P. 1–4.
12. BESONDERE ENTWASSERUNGSSYSTEME TEIL 1: UNTERDRUCKENTWASSERUNGSSYSTEME AUßERHALB VON GEBÄUDEN : DWA-A 116–1 – MARZ 2005. – 30 p.
13. VACUUM SEWERAGE SYSTEMS OUTSIDE BUILDINGS DIN EN 1091–27 p.

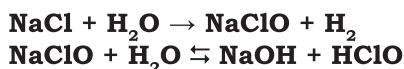




### Ответ:

На российском рынке присутствует ряд технологических решений в части производства электролизных установок.

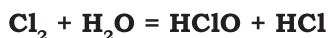
Производство низкоконцентрированного раствора гипохлорита натрия (6–8 г/л по активному хлору) в бездиафрагменных электролизных установках с последующим его дозированием (рис. 1).



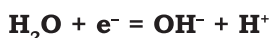
Солевой раствор (25–30 г/л NaCl) поступает в электролизёр, где под воздействием электрического тока на аноде идет разряд ионов хлора (процесс окисления):



Выделяющийся хлор растворяется в электролите с образованием хлорноватистой и соляной кислот:

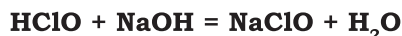


На катоде происходит разряд молекул воды (процесс восстановления):

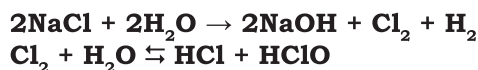


Атомы водорода после рекомбинации выделяются из раствора в виде газа, остав-

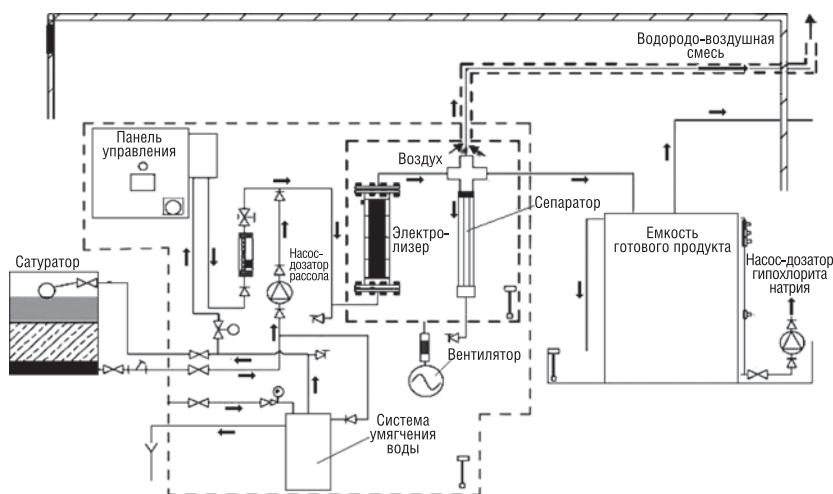
шиеся же в растворе ионы  $\text{OH}^-$  образуют возле катода с ионами  $\text{Na}^+$  щелочь. Вследствие перемешивания анолита с католитом происходит взаимодействие хлорноватистой кислоты со щелочью с образованием гипохлорита натрия:



Производство хлор-газа в электролизерах с разделительной перегородкой (мембраной), разделяющей продукты, получаемые в анодной и катодной камере и дальнейшее дозирование и смешение хлор-газа (в редакции производителей установок – «смеси оксидантов») с водой – с получением «хлорной воды», идущей на обеззараживание (рис. 2).



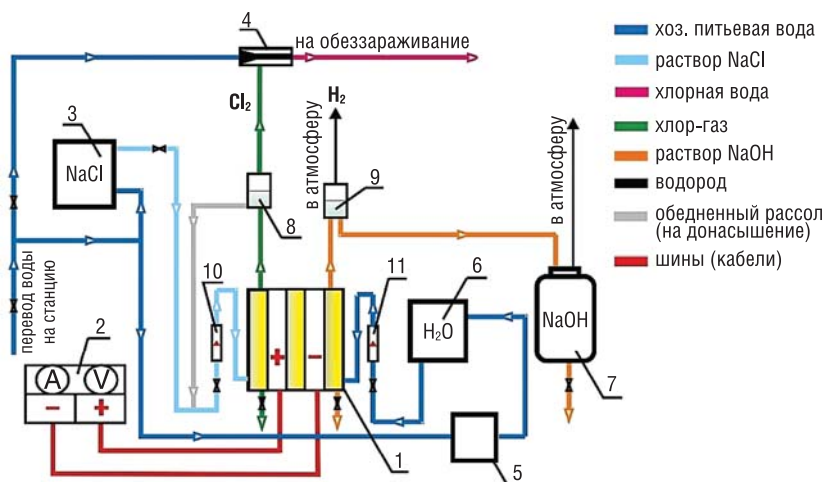
Принцип работы основан на процессе мембранного электролизера, с подачей в анодную камеру насыщенного солевого раствора и подачей в катодную камеру умягченной воды. При электролизе в анодной камере образуется хлор-газ, в катодной камере – NaOH и  $\text{H}_2$ . Разделение анодного и катодного пространства (и конечных продуктов, для исключения их смешения) осуществляется катионообменной мембраной, обеспечивающей прохождение из анодной камеры только катионов натрия ( $\text{Na}^+$ ).



**Рис. 1.**  
**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА**  
**БЕЗДИАФРАГМЕННОГО**  
**ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА**

Последние взаимодействуют с гидроксид-ионами ( $\text{OH}^-$ ), образующимися в катодной камере с образованием щелочи ( $\text{NaOH}$ ). Плотность тока не позволяет получать щелочь высокой концентрации. Обедненный солевой раствор после сепаратора анолита после его «донасыщения» порциями свежего раствора поступает снова в анодную камеру на электролиз.

Производство высококонцентрированного гипохлорита натрия (ГХН до 19 %) как мембранным, так и диафрагменным способом (полимерная диафрагма). Принцип работы также основан на процессе мембранного/диафрагменного электролиза, с подачей в анодную камеру насыщенного солевого раствора (280–300 г/л  $\text{NaCl}$ ) и подачей в катодную камеру умягченной воды или подачей в обе камеры солевого раствора (диафрагменный способ). При электролизе в анодной камере образуется хлор-газ, в катодной камере –  $\text{NaOH}$  и  $\text{H}_2$ .



**Рис. 2.**  
**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА**  
**МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА:**  
**1 – ЭЛЕКТРОЛИЗЁР;**  
**2 – ВЫПРЯМИТЕЛЬ;**  
**3 – САТУРАТОР;**  
**4 – ЭЖЕКТОР;**  
**5 – СТАНЦИЯ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ**  
**(ОПЦИОНАЛЬНО);**  
**6 – НАКОПИТЕЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ ВОДЫ;**  
**7 – НАКОПИТЕЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ  $\text{NaOH}$ ;**  
**8 – СЕПАРАТОР АНОЛИТА;**  
**9 – СЕПАРАТОР КАТОЛИТА;**  
**10 – РОТАМЕТР СОЛЕВОГО РАСТВОРА;**  
**11 – РОТАМЕТР УМЯГЧЕННОЙ ВОДЫ**

**Таблица 1.**

**ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЛИЗА ПОВАРЕННОЙ СОЛИ МЕМБРАННЫМ МЕТОДОМ**

Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред (Раздел II)	Комментарий
43. В общем хлорном коллекторе объемная доля водорода в хлоре не должна превышать 0,2 %.	Требуется подтверждение производителем наличия системы контроля водорода (например, газоанализатор с импульсной трубкой отбора с сигнализацией допустимых концентраций водорода). Необходим режим принудительного вывода водорода из системы.
44. В анодном и катодном пространствах ячеек электролизёра должно быть обеспечено автоматическое регулирование давления хлора и водорода, соответственно. При отклонении давления хлора и водорода в ячейках электролизёра более установленных параметров, электролизёр должен автоматически отключаться.	Следует учитывать, что наличие сепараторов в установках на разных высотах создают разницу гидростатического давления между катодной и анодной камерами. Необходимо соответствующее обоснование возможности/невозможности выхода хлора и водорода из сепараторов в помещение рабочей зоны без автоматического регулирования давления хлора и водорода.
45. В ячейках электролизёра должно быть обеспечено автоматическое поддержание перепада давлений между катодным и анодным пространствами. При выходе величины перепада давления за регламентные значения электролизёр должен автоматически отключаться.	Необходимо автоматическое поддержание перепада давлений, несмотря на то, что сепараторы находятся на разных высотах, создающих подпор между катодной и анодной камерами.
46. Объемная доля кислорода в водороде в общем водородном коллекторе (применительно к рассматриваемым установкам – в сепараторе католита) не должна превышать 0,3 %.	Автоматический контроль кислорода в водороде позволяет контролировать выход процесса электролиза из регламентного режима в предаварийный, с блокированием перехода этой ситуации в аварийную. Контроль концентрации кислорода на заданном уровне предусмотрен, в первую очередь, для исключения поступления щелочи из катодной камеры в анодную (что приводит к выделению на анодах наряду с хлором побочного продукта – кислорода).
53. При отключении электролизера должна автоматически включаться продувка катодных и анодных пространств электролизера, хлорных и водородных коллекторов азотом.	По имеющимся данным, это требование на мембранных электролизерах не реализовано.

**Таблица 2.**

**ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ БЕЗДИАФРАГМЕННЫМ МЕТОДОМ**

Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред (Раздел XIII)
304. На объектах, связанных с получением электрохимического низкоконцентрированного гипохлорита натрия, вырабатываемого методом без диафрагменного электролиза, должно быть предусмотрено разделение технологической схемы на отдельные технологические блоки, обеспечивающие их минимальный уровень взрывобезопасности.
305. Технология производства на месте потребления электрохимического гипохлорита натрия методом бездиафрагменного электролиза должна исключать возможность образования взрывоопасных газообразных продуктов электролиза в технологическом оборудовании и коммуникациях при регламентных режимах работы.
312. Для исключения образования взрывоопасных смесей водорода с воздухом при сбросе водорода на свечу в нее необходимо непрерывно поддувать воздух. Количество подаваемого воздуха должно быть обосновано проектом.
315. В газовом сепараторе, трубопроводе, отводящем готовый гипохлорит натрия, и емкостях хранения готового гипохлорита натрия (накопителях) объемная доля водорода в газовой фазе не должна превышать 1 %.
320. Включение электролизера проточного действия возможно только после включения вентилятора, подающего воздух на разбавление и отдувку водорода.
321. При аварийном отключении вентилятора электролизер должен автоматически выключаться.
322. Если анализатор показал наличие водорода в помещении электролизеров или в баках-накопителях гипохлорита натрия, электролизная установка должна автоматически отключаться.
323. При регламентной работе электролизеров, оборудованных газовым сепаратором, выделяющийся водород из раствора гипохлорита натрия собирается в газовой части сепаратора и отводится за пределы помещения в атмосферу по газоотводящему трубопроводу, имеющему обратный уклон не менее 5 %.
324. При отключении электролиза накопители гипохлорита натрия должны быть продуты воздухом.

В поглотительной башне (блок производства ГХН) снизу подается хлор-газ, втягиваемый разряжением от воздуходувок, сверху подается щелочь, циркулирующая из бака ресивера через башню обратно в ресивер. ГХН, получаемый в ресивере при достаточном насыщении, отводится на хранение или сразу дозируется в систему. При реакции между хлором и NaOH для производства ГХН (NaClO) концентрация ГХН определяется концентрацией NaOH:



Водород, разбавленный воздухом от воздуходувок до значений ниже ПДК, утилизируется в атмосферу. В электролизных установках данного типа вопрос утилизации щелочи не стоит, т.к. вся щелочь направляется на получение ГХН.

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЛИЗА ПОВАРЕННОЙ СОЛИ:**

- Образование побочных продуктов, в том числе щелочи. Необходимо решать проблему утилизации образующейся низкоконтрагентированной щелочи. Хранение, транспортировка и утилизация щелочи требует высоких эксплуатационных расходов.
- Требования к качеству соли для электролизных систем. Использование дорогостоящих сортов поваренной соли является особенностью мембранных электролизеров.
- Требования к транспортировке и возможности хранения полученного средства обеззараживания. Необходимо обеспечить соответствие требованиям «Правил безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред» по условиям транспортировки и хранения образующегося дезинфектанта. Обращаем внимание на тот факт, что хлорная вода – неустойчивое соединение и не может долго храниться или перекачиваться к месту дозирования.

## **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ЭЛЕКТРОЛИЗНЫМ УСТАНОВКАМ**

Приказом Ростехнадзора № 554 от 20.11.2013 утверждены федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред» (далее – Правила). Раздел II «Требования безопасности при производстве хлора методом электролиза» (подраздел «Электролиз мембранным методом») формирует требования к электролизным установкам, в которых конечным продуктом является раствор каустической соды NaOH и хлор-газ (96–98 %).

Требования этого раздела следует обязательно учитывать при проектировании установок электролиза поваренной соли мембранным методом. Даже, если производители именуют итоговый продукт – «смесь оксидантов» или «оксидантный газ», фактически речь идет о производстве хлор-газа.

Таким образом, для оборудования, сопровождающего процесс мембранного электролизного производства хлора и каустической соды (электрощелочи), должны выполняться следующие требования Правил (см. табл. 1).

Раздел XIII Правил формирует требования безопасности при производстве электрохимического гипохлорита натрия бездифрагментным методом (табл. 2).

**Ответ подготовлен Г.А. Самбурским,  
заместителем исполнительного  
директора РАВВ по технологической  
политике, Председателем ТК 343  
«Качество воды» Росстандарта**





НАИЛУЧШИЕ  
ДОСТУПНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

### ООО «РАВВ-Конгресс»

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

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

### БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ

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

### СЧЕТ № НДТ-6/18

дата: « 4 » декабря 2017 г.

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

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

Генеральный директор

Гл. бухгалтер



Андреева С.В.

Андреева С.В.

### ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ ПЛАТЕЖНОГО ПОРУЧЕНИЯ

Сумма прописью: Шесть тысяч шестьсот рублей 00 копеек

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

#### Почтовый адрес:

Подписка на журнал «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения» 2018 г. (6 номеров) по счету № НДТ-6/18 от 04.12.2017 (в т.ч. НДС 18 % - 1006-77 руб.)

Назначение платежа

#### Телефон:

#### Обязательно укажите:

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

М.П.

Подписи

Отметки банка

«ВОДА: ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ»  
13-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОДНЫЙ ФОРУМ

# ЭКВАТЭК 2018 ECWATECH

25-27 СЕНТЯБРЯ 2018  
МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ОРГАНИЗАТОР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ВСЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ И ЭКСПЕРТЫ  
ВОДНОЙ ОТРАСЛИ В ОДНО ВРЕМЯ  
НА ОДНОЙ ПЛОЩАДКЕ!

Только раз в два года в течение трех дней лидеры отрасли представляют современные технологии и решения для коммунального и промышленного водоснабжения, водоподготовки и очистки сточных вод, строительства и эксплуатации трубопроводных систем, а эксперты рассмотрят актуальные вопросы развития водного сектора страны.

[WWW.ECWATECH.RU](http://WWW.ECWATECH.RU)