

## Проектировщик систем водоочистки – технолог, химик, биолог в одном лице.

**Н.М. Щеголькова**, докт. биол. наук, Институт водных проблем РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова

**О.В. Харькина**, канд. техн. наук, Компания General Electric

**С.В. Харькин**, Компания «Архитектура Водных Технологий»

**С.И. Мойжес**, канд. техн. наук, Компания «Водако»

**А.В. Кудрявцева**, канд. биол. наук, Институт молекулярной биологии имени В. А. Энгельгардта РАН

**Н.В. Орешникова**, МГУ им. М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, 61 – Институт водных проблем РАН, МГУ им. М.В.Ломоносова

*Биологические системы очистки сточных вод позволяют решить многие экологические проблемы, по мнению экспертов они наиболее эффективны. Но для их успешной эксплуатации необходим высококвалифицированный персонал. И при подготовке специалистов нужно использовать специальные учебные программы, учитывать тренды проектирования современных очистных сооружений.*

### СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКИХ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Доля «нормативно очищенных» стоков по данным Росстата составляет менее 10% от суммарного объема сточных вод по стране. Соответственно в поверхностные водоёмы и водотоки поступает большое количество неочищенных или недоочищенных стоков. Это приводит к серьёзным экологическим проблемам в акваториях многих рек, озёр Западной Сибири и севера европейской части России, даже уникального озера Байкал. По данным Ассоциации ЖКХ «Развитие» и Бюро НДТ менее 20% российских сооружений биологической очистки удовлетворяют современным требованиям, остальные не обеспечивают нормативного качества очистки [1].

Поскольку начиная с 1990-х годов технологии удаления биогенных элементов из сточных вод стремительно совершенствуются, для их промышленной реализации и эффективной эксплуатации необходимы как проектировщики, так и специалисты службы эксплуатации канализационных очистных сооружений, обладающие соответствующими знаниями в области биологической очистки сточных вод от азота и фосфора.

Технологические схемы, применяемые на современных очистных сооружениях, предполагают предварительное моделирование гидравлических, термодинамических, химических, микробиологических и прочих процессов. Расчет биологических схем реализации процессов удаления биогенных элементов основывается на матрице, состоящей из

17-23 уравнений (в зависимости от принятой модели расчета), описывающих только скоростные параметры процессов, в то время как прежние очистные сооружения рассчитывали по двум кинетическим формулам, описывающим лишь аэробное окисление органических соединений. Однако следует заметить, что даже инновационные технологические схемы очистки сточных вод не предполагают удаления трудно-окисляемых органических токсикантов, разнообразие и концентрации которых в бытовых сточных водах ежегодно возрастают [2]. Следовательно, современный специалист по очистке воды должен быть и инженером, и технологом, и химиком, и экологом, и, конечно же, биологом.

### СПЕКТР ЗАДАЧ, ТРЕБУЮЩИХ ОПЕРАТИВНОГО РЕШЕНИЯ

Современные очистные сооружения функционируют в соответствии с утвержденными технологическими регламентами. Однако, состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, далеко не всегда колеблется в границах «фона»<sup>1</sup>. Происходят ожидаемые и внезапные скачки уровня химического и бактериального загрязнения поступающей воды: аварийный сброс промышленных предприятий, техногенные и погодные катаклизмы, вспышки эпидемий и прочие. В подобных случаях современному специалисту, эксплуатирующему очистные сооружения, приходится реагировать, что называется, в ручном режиме на внешние вызовы. Для этого он использует инженерно-технический инструментарий очистного сооружения и



Организмы активного ила (*Epistylis sp.*)

знания инновационных технологий, полученные в результате многопрофильного обучения [3].

Эксплуатация биологических очистных сооружений сопряжена со многими трудностями.

Нарушение режима функционирования активного ила аэротенков происходит довольно часто. Ликвидация этого сбоя требует адекватного решения в течение считанных часов. Следует заметить, что с проблемой вспухания/пенообразования активного ила на очистных сооружениях в разных странах сталкиваются уже около ста лет. Разрабатываются все новые приемы борьбы с этой технологической неприятностью, но проблема остается и сегодня. Потому что решалась она и решается ныне методом проб и ошибок. Очевидно, что эту проблему не устранить без углубленного исследования структуры прокариотного сообщества активного ила методами молекулярной биологии и биоинформатики [4–6].

<sup>1</sup> Под «фоном» авторы имеют в виду уровень загрязненности, на который была рассчитана технологическая схема данного сооружения



**Строительство современного фитоочистного сооружения**

Необходимость утилизации осадка на крупных и средних очистных сооружениях возникает ежедневно. При грамотном подходе можно не только решить проблему, но и извлечь из этого прибыль, перерабатывая осадок в почвогрунт или удобрение. Игнорирование или неэффективное решение этой задачи сулит отток денег в виде штрафов и затрат на бесхозяйственное захоронение (сжигание) осадка. Для разработки оптимального бизнес-плана современному специалисту необходимо использовать методики биогеохимии и экологии урбоэкосистем, позволяющие оценить насколько реализуемо предлагаемое бизнес-решение [7].

Производство биогаза требует непрерывного мониторинга на сооружениях, где функционируют метантенки. Расчёты показали, что использование этого топлива, производимого очистными сооружениями, позволяет полно-

стью обеспечить энергией их работу. Если мониторинг не фиксирует изменение скорости микробиологических реакций (по тем или иным причинам), то количество производимого биогаза может резко упасть или локально возрасти, что грозит взрывоопасными ситуациями. На сегодняшний день разработаны молекулярно-биологические, изотопные и биоинформационные методы прогнозирования метаногенеза. Применение этих методов позволяет избежать техногенных катастроф и, кроме того, полностью обеспечить очистные сооружения восполняемой энергией.

#### **НАПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

Для того, чтобы проект очистных сооружений отвечал вызовам времени, они должны соответствовать следующим условиям:

- гармонично вписываться в природный, природно-техногенный или урбанистический ландшафт местности, где планируется их строительство;

- реализовывать технологические схемы, которые, предположительно, будут востребованы в будущем.

Следовательно, прогрессивному проектировщику необходимо владеть углублёнными экологическими знаниями. Не менее важно при выборе инженерно-технологической стратегии стремиться всесторонне оценивать перспективные научные тенденции.

Дискуссии специалистов на международной конференции «Канализационные очистные сооружения: реконструкция, новое строительство, эффективная эксплуатация», проходившей в рамках ВЭИ-СТЭК-2017, выявили три основных позиции в использовании технологических схем.

1. Изучая международный опыт, следует выбирать и применять такое методическое руководство, которое использовано при расчёте наибольшего числа уже построенных очистных сооружений [8];

2. Применение даже наилучших доступных технологий не должно быть автоматическим, необходима адаптация каждой технологической схемы к локальным условиям [9]. Например, в докладе одного из авторов настоящей статьи О.В. Харькиной предлагалось использовать признанный сегодня во всем мире подход в расчету сооружений биологической очистки, основанный на формулах ферментативной кинетики, при котором каждое сооружение должно рассчитываться индивидуально с учетом реального качества поступающих сточных вод, требований к качеству очищенной воды, разработанной для кон-



**Пенообразование, связанное с поступлением промышленных несанкционированных стоков**

кретных условий технологической схемы реализации биохимических процессов. И при проектировании очистных сооружений основной целью должны быть надежность и требуемое качество очистки.

3. Стоит обратить внимание на опыт строительства фито-очистных сооружений (Treatment Wetlands). Это такие технологические решения, которые широко распространены в мире, а в России практически не используются. Каждое подобное сооружение изначально проектируется как фрагмент ландшафта. Разнообразие рельефа диктует необходимость разрабатывать специфические технологические схемы для каждого конкретного случая. Таким образом, уже само создание фито-очистного сооружения – результат стратегического планирования [10].

Системной проблемой является и *разделение стоков*. В большинстве разви-



тых стран, предполагается разграничение кухонно-душевых (серый сток) и канализационных вод (чёрный сток). Более того, даже внутри канализационных стоков существует деление на коричневые и жёлтые воды. Это позволяет повторно использовать очищенные серые стоки, а жёлтые и коричневые – применять как вторичный ресурс органического вещества. Однако даже если в России будут построены очистные сооружения для очистки серых, коричневых и жёлтых вод, городские инфраструктуры не смогут этим технологиям соответствовать. Следовательно, образовательная программа для проектировщиков жилищно-коммунального хозяйства должна разрабатываться в соответствии с правилами подготовки специалистов-проектировщиков современных очистных сооружений и с учётом современных взглядов на развитие урбоэкосистем.

Среди действующих систем водочистки наиболее эффективными и надёжными признаны биологические методы. Их реализация предполагает проектирование такого очистного сооружения, которое станет органичной частью экосистемы в конкретном регионе. Современному специалисту по очистке воды необходимо владеть методологией химии, инженерии, биологии, экологии. Подготовка таких кадров неизбежно предполагает разработку, адаптацию и применение учебной программы соответствующего уровня [11].

Однако в мире немногие институты готовят подобных многопрофильных специалистов. И из-за дефицита профессионалов, возникают серьёзные экономические, социальные и экологические сложности не только в развивающихся, но даже в развитых странах.

Что же в итоге? Внедряются наиболее лоббируемые технологии, и этим часто предопределяется неверный выбор при строительстве очистных сооружений.

Остаётся надеяться, что в будущем стратегию развития водно-ресурсных систем будут определять лишь специалисты с многопрофильным образованием по водоочистке, способные оперативно и адекватно реагировать на неожиданные изменения техногенных и климатических условий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилович Д.А. Наилучшие доступные технологии очистки коммунальных сточных вод и обработки осадка в информационно-техническом справочнике ИТС10-2015. Техническое состояние подотрасли (по данным анкет) / Сб. докл. межд. конф. «Канализационные очистные сооружения: реконструкция, новое строительство, эффективная эксплуатация». Москва. 2017.
2. Баренбойм Г.М., Чиганова М.А. Загрязнение поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами // Вода: химия и экология. № 10. 2012. С. 40–46.
3. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград: Панорама, 2015. 433 с.
4. Каллистова А.Ю. и др. Изучение микробного состава активных илов московских очистных сооружений / Микробиология. 2014. Том 83. № 5. С. 615–625.
5. Shchegolkova N.M. et. Microbial Community Structure of Activated Sludge in Treatment Plants with Different Wastewater Compositions // Frontiers in microbiology, издательство Frontiers Research Foundation (Switzerland). 2016. № 18. February.
6. Щеголькова Н.М., Краснов Г.С., Кудрявцева А.В. Новые методы молекулярно-биологической диагностики биоценоза

- очистных сооружений и перспективы экомониторинга // Вода Magazine. № 7 (107). 2016. С. 22–27.
7. 7. Щеголькова Н.М. Анализ способов утилизации осадка сооружений водоподготовки и водоочистки на основе реализованных технологических решений в Москве / Сб. докл. междунар. конф. «Канализационные очистные сооружения: реконструкция, новое строительство, эффективная эксплуатация». Москва. 2017.
  8. 8. Данилович Д.А., Эпов А.Н. Сравнительный анализ методик расчёта сооружений биологической очистки сточных вод с удалением азота / Сб. докл. междунар. конф. «Канализационные очистные сооружения: реконструкция, новое строительство, эффективная эксплуатация». Москва. 2017.
  9. 9. Швецов В.Н., Морозова К.М. Расчёт сооружений биологической очистки городских и производственных сточных вод с удалением биогенных элементов / Сб. докл. междунар. конф. «Канализационные очистные сооружения: реконструкция, новое строительство, эффективная эксплуатация». Москва. 2017.
  10. 10. Щеголькова Н.М. и др. Фито-системы для очистки сточных вод: современное решение экологических проблем // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2015. № 2. С. 46–55.
  11. 11. Электронный ресурс: Инновационный экологический и производственный мониторинг водохозяйственных систем. Инновационное проектирование систем очистки сточных вод. Программа повышения квалификации в МГУ. <http://phyto-treatment.com/>. ■

— Создаём инженерные решения для систем очистки воды и воздуха с заботой о будущем



### Технологический аудит

Строите новый завод, меняете перечень выпускаемой продукции или оптимизируете процессы под новые нормы? Мы проведём независимый аудит существующих сооружений, составим профессиональное заключение и дадим квалифицированный ответ.

### Предпроектные исследования и разработка ТЭО

Сделаем отбор, обработку и анализ проб воды. Смоделируем процессы очистки для определения наилучшего. Поможем сделать важнейший шаг к проектированию — составить технико-экономическое обоснование, а также техническое задание на проектирование.

### Разработка проектной документации

«Типовой проект» — это не про нас! Мы считаем, что каждый заказчик уникален и создаём для него индивидуальное решение в соответствии с его требованиями и возможностями.

### Сопровождение проекта

Поставка, шефмонтаж и пуско-наладка оборудования. Инженерное сопровождение проекта во время проектирования и строительства, а так же после ввода в эксплуатацию.

### ООО «ВОДАКО»

Алтуфьевское ш., д.48, корп.2, оф. 208  
127566 г. Москва, Россия  
+7 (495) 225-95-98  
[info@vodaco.ru](mailto:info@vodaco.ru) | [www.vodaco.ru](http://www.vodaco.ru)

