

**Е.А. Соловьева, кандидат технических наук, доцент**  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЛУБОКОГО УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Многообразие технологических и конструктивных решений, особенно ярко проявляющихся в зарубежной практике, представляет возможность использования множества вариантов схем в зависимости от конкретных местных условий.

Ограничивая задачу реконструкции сооружений и строительства новых очистных станций рамками России и государств СНГ, уменьшив разнообразие возможных вариантов несколькими схемами денитрификации и дефосфатирования (Денифо). При этом составим перечень условий, которые обеспечивают максимум эффективности процессов очистки сточных вод и обработки осадков.

Высокий эффект осветления сточных вод в первичных отстойниках означает удаление тонкодисперсной взвеси, приближающейся по свойствам к коллоидной дисперсной фазе, полезной для процессов денитрификации и дефосфатирования. Поэтому достижение глубокого осветления, использование предварительной аэрации, коагуляция сточных вод в первичных отстойниках становятся нежелательными, а иногда и отрицательными факторами.

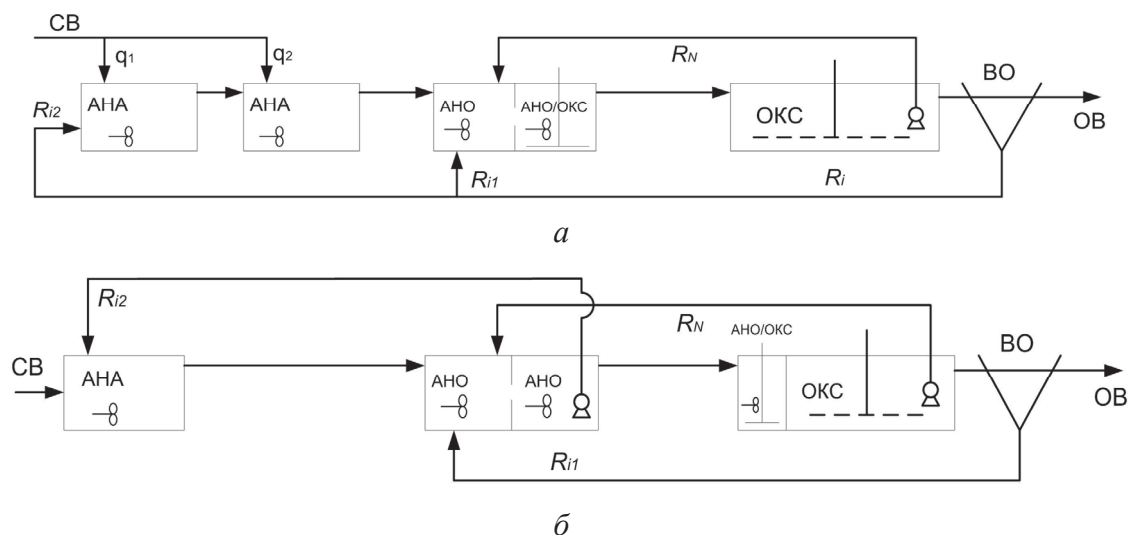
В случае поступления весьма разбавленных стоков первичные отстойники включают в схему циркуляции активного ила: циркулирующий активный ил частично или полностью подают в первичные отстойники, осветленная жидкость направляется в аэротенки, осевший ил и взвешенные вещества также откачиваются в аэротенк, при этом осадочная часть отстойников играет роль анаэробно-аноксидной зоны, т. е. становится предденитрификатором.

Биоблок выполняется по схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработки сточных вод (схема АА/О). Ввод реагента в первичные отстойники дестабилизирует коллоидные и часть растворенных загрязнений, вследствие их удаления снижается количество денитрифицированного азота [1, 2].

Другой способ насыщения сточных вод продуктами брожения загрязнений заключается в накоплении и подбраживании осадка прямо в отстойниках. За сутки в отстойниках слой осадка увеличивается на 5–10 см, накопление осадка высотой до 1–1,5 м длится 3–4 недели.

Эффективное безреагентное удаление фосфора, а также азота достигается в схемах очистки, включающих предварительную денитрификацию циркулирующего активного ила и маневренную секцию аноксидно-оксидной обработки иловой смеси (секцию с мешалками и аэраторами).

Схема изображена на рисунке 1 в двух вариантах: с денитрификатором ила в начале биоблока и внутри аноксидной зоны.



**Рисунок 1 – Схемы очистки с предденитрификатором ила в начале биоблока (а) и внутри аноксидной зоны (б)**

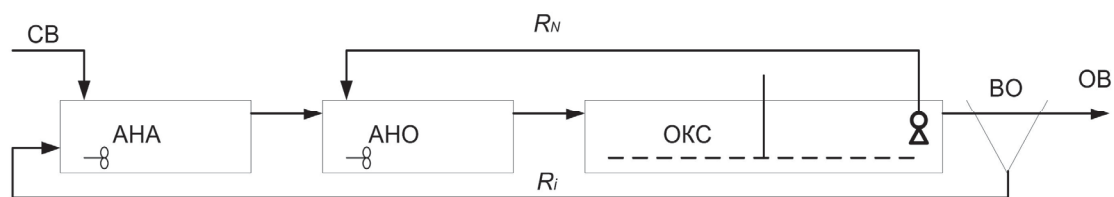
В первом случае (рисунок 1, а) циркулирующий активный ил дробно ( $R_{i1}$  и  $R_{i2}$ ) возвращается в головные отсеки. При достаточно низкой (4–4,5 мг/л) концентрации азота нитратов в иле он весь подается в аноксидную зону (предденитрификатор), в которую впускается часть сточных вод (расход  $q_1$ ). Высокое содержание азота нитратов в иле (7–8 мг/л) заставляет подавать его дробно: потоком  $R_{i1}$  в основной денитрификатор и  $R_{i2}$  в предденитрификатор в зависимости от наличия легкоокисляемой органики (БПК<sub>5</sub>) в сточных водах.

Маневренный отсек может служить продолжением денитрификатора либо началом оксидной части, например при снижении температуры воды при снеготаянии. Достоинства схемы заключаются в возможности управления работой предденитрификатора за счет манипулирования потоками  $q_1$  и  $R_{i2}$ .

Во втором случае (рисунок 1, б) денитрификация в активном иле осуществляется в основном денитрификаторе. Создание наиболее благоприятных условий для работы анаэробной зоны достигается за счет регулирования потока  $R_{i2}$ . Обе схемы являются основополагающими для процессов Денифо, применяющихся в условиях традиционного состава

городских сточных вод ХПК 300–400 мг/л, азот общий до 40 мг/л и требуемого качества очищенной воды в пределах до 10–12 мг/л по общему азоту и 1,0–1,5 мг/л по общему фосфору.

При ослаблении требований к качеству очищенной воды начинается упрощение схем: удаляется маневренная зона, исключается регулирование потоков  $q_1$  и  $q_2$ ,  $R_{i_1}$  и  $R_{i_2}$ , и в конечном итоге остается схема АА/О с фиксированными объемами отсеков Анаэробно и Аноксидно (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Схема анаэробно-аноксидно-оксидной обработки сточных вод (АА/О)**

Добавка реагентов для снижения концентрации фосфора до 0,5 мг/л несколько меняет ситуацию. Отпадает необходимость тщательной подготовки циркулирующего ила перед анаэробной зоной, вопросы регулирования концентрации фосфора в очищенной воде решаются путем изменения дозы реагента. В схеме АА/О (рисунок 2) реагент может вводиться перед вторичными отстойниками либо в циркулирующий активный ил. Доза реагента по  $Fe^{+3}$  1,5–2,0 г/м<sup>3</sup> при подаче в ил, 3,0–4,0 г/м<sup>3</sup> при подаче перед вторичными отстойниками [3].

Роль вторичных отстойников значительно усиливается в связи с ограничениями по выносу фосфора с активным илом. Способы кардинального снижения количества взвеси в очищенной воде связаны с новыми процессами – коагуляция и флокуляция очищенной воды, ультрафильтрация с использованием бактерицидных мембран или простая фильтрация на зернистых минеральных и пластмассовых фильтрах.

Простое отстаивание иловой смеси позволяет снизить концентрацию взвешенных веществ до 7–8 мг/л, и этот уровень можно считать предельным. Нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади дна отстойника снижается до 0,8–1,0 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч [2]. Выносу частиц активного ила способствует неудачная конструкция отстойников в целом и илососов.

Стабилизация осадков в аэробных или анаэробных условиях продвигает появление вторичных загрязнений в виде аммонийного азота, нитратов и ортофосфатов, и включение таких процессов в схему обработки осадков нежелательно. Распадающееся органическое вещество

осадков необходимо для денитрификации и дефосфатирования. По этим причинам рекомендуется обезвоживание сырых осадков с последующей их стабилизацией и обеззараживанием путем компостирования или ликвидации сжиганием.

Смешивание осадка и ила вызывает активное вытеснение фосфатов из тела клеток бактерий, иногда в огромных количествах (250–280 мг/л по фосфору). Технология уплотнения осадка и ила меняется с целью сокращения времени уплотнения до 8–10 ч при добавке 1,0–1,2 кг флокулянта на 1 т сухих веществ [3].

Сжигание кека, как это принято на очистных станциях Санкт-Петербурга, выдвигает ряд ограничений, в том числе достижение его влажности не более 75 % и зольности не выше 40 %.

Основной результат написания данной статьи – раскрытие особенностей функционирования очистной станции как единой системы, ориентированной на удаление из городских сточных вод и возвратных потоков азота и фосфора, а также выбор рациональных, эффективных и надежных комплексных технологических схем биологической и химико-биологической (безреагентной и реагентной) обработки сточных вод и осадков.

### **Литература**

1. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / под общ. ред. Ф.В. Кармазинова. – СПб.: Новый журнал, 2002.
2. Соловьева, Е.А. Очистка сточных вод от азота и фосфора: монография / Е.А. Соловьева. – СПб.: Водопроект – Гипрокоммунводоканал. Санкт-Петербург, 2008.
3. Соловьева, Е.А. Удаление азота и фосфора из городских сточных вод. Технологии удаления азота и фосфора в комплексе по очистке сточных вод и обработке осадка / Е.А. Соловьева. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.