

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ

И.М. Панова, ООО «ВОДАКО»

Сточные воды молочных предприятий отличаются повышенным содержанием жира, органических загрязнений, взвешенных веществ. Наш опыт проектирования новых сооружений, аудита и оптимизации действующих систем показывает, что в зависимости от вида выпускаемой продукции ХПК сточных вод может достигать 3000–7000 мгО₂/л, взвешенных веществ – 900–2000 мг/л, жиров – до 1000 мг/л, азота – до 200 мг/л.

С учетом этой специфики схема очистки независимо от точки сброса практически безальтернативно включает этапы механической очистки, усреднения и физико-химической очистки с флотационным разделением фаз. Основной задачей предварительного этапа является удаление посторонних предметов, сглаживание пиковых нагрузок и удаление основной части взвешенных и коллоидных веществ, эмульсий и жиров. После эффективной физико-химической очистки сточные воды молочных производств в среднем содержат менее 100–120 мг/л взвешенных веществ, жиров – менее 30 мг/л, однако все еще в них присутствует значительное количество загрязнений в растворенной форме, прежде всего органических соединений и различных форм азота. Даже при сбросе в централизованные системы водоотведения достижение нормативных значений – ХПК 500 мгО₂/л и БПК₅ 300 мгО₂/л, азота 50 мг/л – практически невозможно. Эту задачу оптимально решают процессы аэробной биологической очистки, в которых разложение субстрата осуществляется при контакте сточных вод и биоценоза активного ила в присутствии кислорода воздуха.

Существует несколько способов организации процесса биологической очистки, различающихся особенностями удержания биоценоза в системе и способом разделения ила. Классическая проточная система, используемая на абсолютном большинстве городских очистных сооружений, включает аэротенк с зонами различного назначения и отдельное сооружение для разделения иловой смеси – вторичный отстойник. В очистке производственных сточных вод для сооружений относительно небольшой производительности от 200 до 5000 м³/сут выбор процессов и технологий несколько шире, хотя применимы и стандартные решения. Далее представлен обзор технологий из нашей практики, которые находят свою нишу на производственных очистных сооружениях пищевой отрасли.

В отличие от традиционного метода аэробной биологической очистки, при котором вода протекает через несколько последовательных емкостей разного назначения (денитрификаторы, аэротенки, вторичные отстойники),

в реакторе **SBR**¹ все этапы очистки, включая разделение фаз, проходят в одной емкости (биореакторе) последовательно, с разделением во времени. Работа биореактора осуществляется в циклах, включающих следующие фазы:

- Наполнение (залповое или распределенное) – прием новой порции сточных вод;
- Основная фаза реакции, в которой могут быть созданы аэробные, аноксидные или анаэробные условия для реализации процессов удаления органики, нитриденитрификации, биологического удаления фосфора;
- Седиментация;
- Слив очищенной воды;
- Удаление избыточного ила.

Теперь реактор снова готов к приему сточных вод.

Продолжительность фаз можно настраивать в определенных диапазонах с помощью интерфейса системы управления. Такая особенность является одним из главных технологических преимуществ SBR, поскольку обеспечивает максимальную гибкость в управлении процессом очистки с учетом сезонных колебаний объемов сточных вод, изменениями концентраций или соотношения углерода и азота в поступающих сточных водах, связанных с корректировками основной производственной программы или отсутствием данных на момент проектирования.

За последние 10–15 лет широкое распространение, в т.ч. в очистке сточных вод, получили мембранные технологии. Биореактор **MBR**² (рис. 1) предполагает размещение погружных модулей с ультрафильтрационными мембранами непосредственно в аэротенке или в отдельной камере и удаление очищенной воды (пермеата) за счет



Рис. 1. Мембранный биореактор (MBR)

*SBR*¹ – Sequence Batch Reactor (англ.) – реактор периодического/циклического действия.

*MBR*² – Membrane Biological Reactor (англ.) – мембранный биологический реактор.



125+

успешно
выполненных
проектов

25 ЛЕТ

на рынке
очистки
сточных вод

86%

клиентов становятся
постоянными
партнёрами

Команда
ВОДАКО:

Инженерные решения очистки СТОЧНЫХ ВОД

От идеи до результата

Аудит

Технологии

Проектирование

Внедрение

Реклама

«Мы оказываем постоянное содействие клиентам — всегда готовы помочь при возникновении любых вопросов или проблем, даже если проект завершён»



+7 (495) 225-95-98
info@vodaco.ru
vodaco.ru

ООО «ВОДАКО»
г. Москва, Алтуфьевское ш.
д.48, к.2, оф.208, 127566



Рис. 2. Иловый флотатор

создания трансмембранного давления. Остаточное содержание взвешенных веществ составляет при этом менее 1 мг/л, что фактически означает отсутствие необходимости сооружений доочистки. При этом система может быть рассчитана на работу с дозой ила 8–12 г/л, что обеспечивает максимальную компактность среди всех альтернатив. Кроме того, мембранное разделение обеспечивает дополнительную защиту от выноса при нарушении работы биоценоза, ведь даже при вспухании очищенная вода не содержит иловых частиц. Использование мембран для разделения иловой смеси в биологической очистке сточных вод является эффективным инструментом при проектировании современных систем с повышенными требованиями к качеству очищенной воды, стабильности процесса и компактности сооружений.

Еще одной альтернативой вторичным отстойникам, мембранам для разделения иловой смеси является напорная флотация. Иловый флотатор (рис. 2) предназначен для контакта иловой смеси и рециркуляционного водо-воздушного потока. В ходе процесса хлопья иловой смеси захватываются пузырьками воздуха, выделяющимися при разрежении потока оборотной воды на входе в камеру флотации. Иловые частицы в твердой фазе формируют у поверхности слой флотопены, который удаляется из установки с помощью скребкового механизма и направляется на возврат или обезвоживание. Очищенная вода через перелив покидает установку и подается на дальнейшую очистку. Для реализации процесса часто используется реагентная поддержка раствором флокулянта, что на первый взгляд не относится к преимуществам с точки зрения операционных затрат. Однако здесь следует учитывать возможность работы с довольно высокой дозой ила 6–8 г/л, высокую степень сгущения флотопены (не менее 2,5–3,5 % СВ) и возможность контроля выноса. Таким образом, иловая флотация может быть рекомендована для надежного и управляемого процесса разделения ила и очищенной воды, в т.ч. при необходимости повышения дозы ила в схемах модернизации систем биологической очистки.

Дополнительно в данном обзоре следует отметить технологию **MBBR**³ (рис. 3), которая относится к группе биопленочных биологических процессов с использова-



Рис. 3. Реактор с плавающей загрузкой во взвешенном слое (MBBR)

нием загрузки во взвешенном слое. Этот процесс предусматривает пребывание в биологическом реакторе носителей биомассы, предназначенных для иммобилизации биоценоза на поверхности плавающих элементов загрузки. Поддержание загрузки во взвешенном состоянии в случае аэробного процесса производится с помощью системы аэрации. Для предотвращения выноса элементов загрузки выпуск из биореактора оборудован удерживающим ситом. Разделение очищенной воды от избыточной биомассы и частиц биопленки ила производится в отстойниках или других стандартных сооружениях для разделения фаз. В своих проектах для реализации технологии MBBR мы используем наиболее эффективную на данный момент загрузку – биочипсы (рис. 3), изготовленные из вспененного полиэтилена, что обеспечивает активную защищенную площадь поверхности не менее 5000 м²/м³. Основным преимуществом такой загрузки является то, что биопленка образуется внутри пор, и, таким образом, она защищена от внешнего механического воздействия при движении носителей внутри реакционного объема. При этом избыточная биомасса, выходящая за пределы пор, удаляется при столкновении элементов загрузки друг с другом и со стенками резервуара. Такой механизм самоочистки обеспечивает оптимальную толщину слоя прикрепленной биомассы около 0,5 мм для эффективной диффузии кислорода, субстрата и биогенных элементов внутрь биопленки, что на практике означает стабильную эффективность очистки на протяжении всего срока эксплуатации.

Использование технологии MBBR наиболее оправданно для оптимизации действующих систем в условиях отсутствия площади, в качестве первой высоконагружаемой ступени для защиты биоценоза от залповых нагрузок и рисков, связанных с вспуханием и выносом ила, а также для любых решений, где требуется компактное исполнение.

Выбор оптимальной технологии является ключевой компетенцией проектной организации. Более чем 20-летний опыт проектирования, наладки, аудита и модернизации действующих сооружений позволяет специалистам «ВОДАКО» предложить рациональное решение для биологической очистки сточных вод молочных предприятий с учетом ряда факторов: гарантированного качества очистки, бюджетных ожиданий, ограничений по площади, требований к гибкости режимов, простоты реализации и эксплуатации. 💧

³MBBR – *Moved Bed Biofilm Reactor* (англ.) – реактор с биопленкой на загрузке во взвешенном слое.