

Особенности процесса очистки сточных вод в погружных мембранных биореакторах

П.В. Трунов, НПФ «ЭкоТОН», г. Харьков

Научно-производственной фирмой «ЭКОТОН» проведены опытно-промышленные испытания мембранного биореактора (МБР) производительностью 10 м³/сут, а также разработан типоразмерный ряд компактных установок очистки сточных вод с использованием мембранного разделения иловой смеси производительностью 50, 100, 200, 400, 600 м³/сут.

Основным конструктивным отличием мембранного биореактора от систем традиционной биологической очистки в аэротенках является наличие мембранного модуля, который используется для разделения иловой смеси и представляет собой альтернативу широко используемому методу осаждения активного ила во вторичных отстойниках. В погружных МБР мембранный модуль погружен непосредственно в иловую смесь и устанавливается в биореакторе или в отдельном резервуаре. Мембраны в погружных МБР выполняются в виде полых нитей диаметром 0,3-3 мм или плоских кассет и имеют размер пор 0,02-0,5 мкм. Фильтрация иловой смеси происходит под действием вакуума, создаваемого на внутренней поверхности мембраны. За счет разности давлений сточные воды проникают внутрь полого волокна или пластины, в то время как активный ил задерживается на внешней поверхности мембраны, удаляясь с ее поверхности восходящим водо-воздушным потоком.

Опыт эксплуатации пилотного МБР подтвердил высокую эффективность процесса и позволил определить ряд особенностей данной технологии в отношении эксплуатационных характеристик установки, физиологического состояния активного ила, а также эффективности очистки сточных вод по некоторым показателям:

1. Решение проблемы выноса активного ила с очищенными сточными водами. Эквивалентный диаметр пор ультра- и микрофильтрационных мембран находится в пределах 0,02–0,5 мкм. Учитывая тот факт, что размер бактерий и простейших, составляющих биоценоз активного ила, превышает 5 мкм, мембрана является физическим барьером на пути проникновения организмов активного ила в водные объекты с очищенными сточными водами.

2. Предотвращение выноса в водные объекты биогенных элементов со взвешенными веществами. Мембранное разделение иловой смеси позволяет избежать выноса азота и фосфора в составе дисперсных хлопьев активного ила, что имеет место в схемах со вторичными отстойниками.

3. Смена подхода к эксплуатации сооружений биологической очистки. Эксплуатация аэротенков и вторичных отстойников основывается на селекции компактных, хорошо оседающих хлопьев активного ила. Отказ от селекции крупных хлопьев активного ила за счет замены самого механизма разделения иловой смеси в МБР позволяет эксплуатировать эти сооружения с параметрами, значение которых находится вне диапазона нормальных режимов эксплуатации традиционных конструкций аэротенков.

4. *Эффективная очистка за счет большой площади контакта микроорганизмов со сточными водами.* Размер хлопьев активного ила в МБР в 5-10 раз меньше, а концентрация нитчатых микроорганизмов в 5-10 раз выше, чем в аэротенках с последующим вторичным осаждением. За счет дисперсности активного ила многократно увеличивается площадь контакта микроорганизмов активного ила со сточными водами, что приводит к эффективной сорбции тяжелых металлов, трудноокисляемых и инертных органических веществ.

5. *Высокая окислительная мощность при малых объемах биореактора.* МБР эксплуатируются при дозе ила 8-15 мг/л, что при равенстве объемов с традиционными конструкциями аэротенков позволяет производить очистку высококонцентрированных сточных вод. Одновременно высокие дозы ила позволяют уменьшить объем биореактора в 2-3 раза, обеспечивая эффективный процесс очистки в условиях низкой массовой нагрузки на активный ил (до 0,2 кгБПК/кг (активного ила)·сут).

6. *Сокращение количества избыточного активного ила.* Возраст ила в МБР составляет от 20-30 сут. при очистке хозяйственно-бытовых и городских сточных вод до 100 сут. и более при очистке высококонцентрированных сточных вод. Верхний предел возраста ила, принимаемый службой эксплуатации, зависит от эффективности гидролиза отмершей клеточной массы и допустимой массы инертных взвешенных веществ в мембранном биореакторе. Несмотря на наличие нитчатых микроорганизмов, за счет повышенной минерализации активный ил обладает удовлетворительной водоотдачей и отводится на обработку непосредственно из биореактора.

7. *Эффективная нитрификация сточных вод.* Эксплуатация в условиях повышенного возраста активного ила приводит к селекции в пользу медленно-растущих микроорганизмов, в частности бактерий-нитрификаторов, а также к снижению прироста активного ила.

8. *Обеззараживание сточных вод.* Вследствие того, что поры мембран имеют меньший размер, чем размеры клеток подавляющего большинства известных бактерий и некоторых вирусов, а также за счет образования отложений на поверхности мембраны, выступающих как дополнительный фильтрующий слой, в МБР происходит эффективное обеззараживание сточных вод. Эффективность удаления бактерий составляет 99,999%, вирусов – 99,9%. В случае необходимости дополнительного обеззараживания, дозы хлора и его производных могут быть существенно снижены.

9. *Устойчивость процесса очистки к колебаниям концентраций загрязняющих веществ и залповым сбросам.* Эксплуатация мембранных биореакторов в режиме низкой нагрузки на активный ил создает резерв окисляющей способности и повышает устойчивость процесса очистки к колебанию состава сточных вод. Использование мембранного метода разделения иловой смеси, эффективность которого не зависит от физиологического состояния активного ила, обеспечивает высокую степень очистки при залповых сбросах загрязняющих веществ и ксенобиотиков, негативно влияющих на физиологическое состояние микроорганизмов активного ила.

10. Вклад мембраны в удаление загрязняющих веществ. За счет образования динамического слоя отложений на поверхности мембраны и в ее порах, происходит физическое удаление значительного количества макромолекул, коллоидных веществ, ферментов, а также внеклеточных полимерных веществ. Вклад мембраны в общую эффективность удаления органических веществ в мембранных биореакторах составляет от 10 до 20%.

11. Удаление отложений. В процессе фильтрации в порах и на поверхности мембран образуются биологические и минеральные отложения. Для эффективной борьбы с отложениями современная практика эксплуатации погружных мембранных биореакторов предполагает использование четырех методов:

- Периодическая или постоянная аэрация наружной поверхности половолоконных и плоских мембран;
- Обратная промывка фильтратом;
- Периодическая обратная промывка слабоконцентрированными растворами реагентов (обычно гипохлорит натрия и слабая органическая кислота);
- Погружение мембранных модулей в слабоконцентрированный раствор гипохлорита натрия на период 12-30 часов.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что повышенный интерес к технологии МБР в последние годы обусловлен значительным снижением стоимости данной технологии. По капитальным затратам технология практически сравнялась с затратами на строительство системы «аэротенк - вторичный отстойник – сооружения доочистки», при этом обеспечивая надежность в эксплуатации, возможность полной автоматизации и более высокую эффективность очистки.