

УДК 628.356

П.В.ТРУНОВ

НПФ «Экотон», г.Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ПОГРУЖНЫХ МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

Приведен опыт эксплуатации мембранного биореактора (МБР) для очистки сточных вод, проанализированы основные показатели эффективности применения МБР.

Наведено досвід експлуатації мембранного біореактору (МБР) для очистки стічних вод, проаналізовано основні показники ефективності використання МБР.

In article operating experience membrane bioreactor (MBR) for sewage treatment is resulted, the basic parameters of efficiency application MBR are analysed.

Ключевые слова: мембранный биореактор, мембранный модуль, активный ил, фильтрация, микрофильтрация, ультрафильтрация.

Мембранные процессы используют тонкую пленку или пористый материал для сепарации одного вещества от другого. Движущей силой разделения веществ могут быть концентрация, давление, температура, электрические силы. В сооружениях типа мембранный биореактор используются процессы ультра- и микрофильтрации, которые относятся к более общей группе баромембранных процессов. Для разделения смеси в баромембранных процессах используется градиент давления [1, 2].

Исследователями [3, 4] выделены следующие группы баромембранных процессов:

- микрофильтрация (МФ) – задерживает взвешенные вещества, бактерии, некоторые макромолекулы (например, гумидные кислоты);
- ультрафильтрация (УФ) – задерживает перечисленное выше плюс вирусы, макромолекулярные соединения;
- нанофильтрация (НФ) – задерживает перечисленное выше плюс низкомолекулярные вещества, двух и более валентные ионы;
- обратный осмос (ОО) – задерживает перечисленное выше плюс одновалентные ионы и ионы жесткости.

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 водовоздушным потоком.

Опыт эксплуатации пилотного МБР [5] 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 проводить 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 медленнорастущих микроорганизмов, в частности бактерий-нитрификаторов, а также к снижению прироста активного ила [6].

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% [7]. 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 мембранно-

го 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% [5].

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 [7]:

- периодическая или постоянная аэрация наружной поверхности полволоконных 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 ч.

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.

1. Брык М.Т., Цапюк Е.А. Мембранные технологии в промышленности. – К., 1990. – 247 с.

2. Хванг С.Т., Каммермеер К. Мембранные процессы разделения. – М., 1981. – 464 с.

3. Мудлер М. Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. – М., 1999. – 513 с.

4. Брык М.Т., Волкова А.П., Бурбан А.Ф. Неорганические мембраны: получение, структура и свойства // Химия и технология воды. – 1992. – Т.14. – № 8. – С.583-604.

5. Трунов П.В., Царенко Д.А. Методика определения объема и влажности избыточного активного ила в мембранных биореакторах // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.74. – К.: Техніка, 2007. – С.7-15.

6. Membrane Bioreactors for Water Reclamation – Phase II: desalination and Water Purification Research and Development Program Final Report No.60 / Samer Adham, Rion P. Merlo, Paul Gagliardo. – San Diego: Technical Service Center of U.S. Bureau of Reclamation, 2000. – 162 p.

7. Francesco Fatone, David Bolzonella, Paolo Battistoni, Franco Cecchi. Removal of nutrients and micropollutants treating low loaded wastewaters in a membrane bioreactor operating the automatic alternate-cycles process // Desalination. – 2005. – No.183. – P.395-405.

Получено 06.01.2010

УДК 628.543

В.Л.ФИЛИПЧУК, д-р техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ СИСТЕМИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ВИРОБНИЦТВ З БАГАТОКОМПОНЕНТНИМИ МЕТАЛОМІСТКИМИ СТИЧНИМИ ВОДАМИ

Розглядається замкнута система водного господарства виробництв із стічними водами, що вміщують важкі метали, органічні домішки та мінеральні солі.

Рассматривается замкнутая система водного хозяйства производств со сточными водами, содержащими тяжелые металлы, органические примеси и минеральные соли.

The closed system of water economy of productions with flow waters, that contain heavy metals, organic admixtures and mineral salts is developed.

Ключові слова: замкнуті системи водного господарства, важкі метали, очистка води.

За останні десятиріччя, незважаючи на зменшення водоспоживання на підприємствах, вплив промислових стічних вод на погіршення екологічної ситуації у нашій державі продовжує посилюватись. Це пояснюється подальшим збільшенням загальної кількості мінеральних та органічних речовин, зокрема іонів важких металів, що скидаються в навколишнє середовище. Існуюча ситуація з очищенням стічних вод, які вміщують важкі метали, ускладнюється у зв'язку із значним підвищенням їх багатокomпонентності, для якої характерним є збільшення концентрації металів, мінералізації, органічних сполук. Наявність багатокomпонентності в металомістких стічних водах вкрай негативно впливає на процеси їх очистки. Це поряд із неефективним функціонуванням більшості заводських очисних споруд значно погіршує якість очищених стоків, що скидаються у водоймища, істотно порушує екологічну рівновагу, викликає негативні зміни у водному середовищі та живих організмах.

Всі домішки, що лімітуються в багатокomпонентних металомістких стічних водах, можна умовно поділити на три основні групи: іони