

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА В МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ И ДРУГИХ СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ

Мягкова Н.В.

*Мягкова Наталья Валентиновна – ассистент,
кафедра экологии и управления водными ресурсами,
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Аннотация: в статье описывается изучений различий бактериального сообщества при использовании мембранных биореакторов по сравнению с другими видами очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, аэротенк, мембрана, биореактор, бактерии.

В Республике Узбекистан регулярно ведутся исследования, посвященные биологической очистке сточных вод. Однако основным направлением этих исследований является, главным образом, совершенствование процесса очистки в аэротенках и биологических прудах. Вместе с тем, во многих странах мира сейчас набирает популярность метод очистки стоков в мембранных биореакторах, сочетающих биологическую обработку активным илом с механической фильтрацией через полупроницаемые мембраны. Мембранные модули используются для разделения иловой смеси и могут заменить метод осаждения активного ила во вторичных отстойниках, используемый в традиционной схеме биологической очистки с помощью аэротенков.

Мембранные биореакторы (МБР) способны обеспечивать разделять сильно концентрированные растворы активного ила и взвешенных веществ, обладают способностью более длительное время удерживать твердые частицы, имеют улучшенные показатели обработки и характеризуются гибким эксплуатационными показателями [1, 2]. МБР способны давать такое же качество очистки сточных вод, как комбинация вторичного осветления и микрофильтрации [3]. Очищенные в МБР бытовые сточные воды могут сбрасываться в водоемы или использоваться в системах орошения (например, полива городских зеленых насаждений). Другие преимущества систем очистки с использованием МБР:

- компактный размер, что позволяет легко их использовать для модернизации очистных станций;

- отсутствие выноса активного ила в очищенные воды, что дает возможность уменьшать объем биореактора без снижения его производительности.

Биореакторы изготавливаются двух типов:

- с внутренним расположением мембраны, когда погруженные в очищаемую воду мембраны являются составной частью биореактора;

- с внешними мембранами, когда они устанавливаются отдельно от технологических емкостей и требуют перекачивания воды насосами.

На рис. 1,а представлена традиционная схема биологической очистки бытовых стоков, а на рис. 1,б – схема очистки с помощью МБР. Поскольку модули мембранной очистки состоят из полых ультрафильтрационных волокон с размерами пор 0,03–0,1 мкм, они задерживают не только твердые частицы, но и патогенные микроорганизмы и вирусы. Концентрация взвешенных веществ в очищенной воде снижается до 1 мг/л и менее.

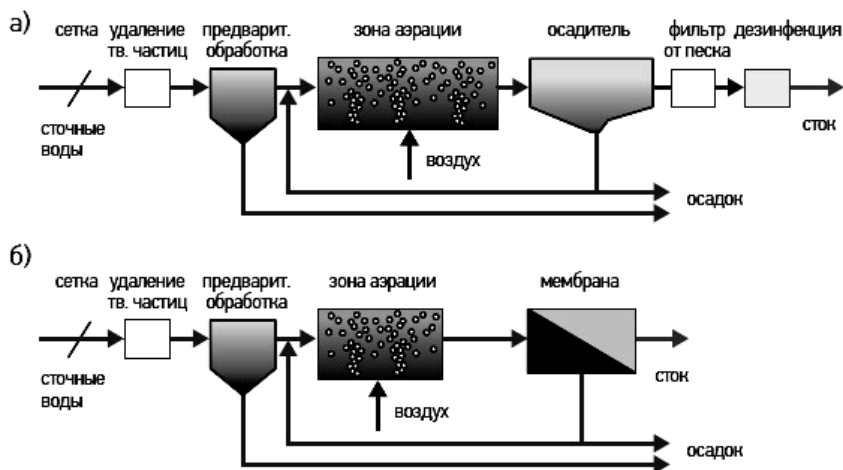


Рис. 1. Схема биологической очистки сточных вод:
а – традиционной; б – с использованием МБР

Распространение систем биомембранной очистки обусловлено ростом спроса на строительство экологически безопасных зданий, не наносящих вред окружающей среде (проект Green Building Council, США.) Успешность применения данной технологии подтверждается тем, что на рынке появляются новые типоразмеры МБР и увеличивается их мощность.

Тем не менее, МБР сталкиваются с уникальными проблемами, которые ограничивают их широкое применение, особенно из-за затрат на техническое обслуживание и эксплуатационные расходы в результате биологического обрастания мембраны [4]. Способы контроля биологического обрастания могут включать физические, химические или биологические средства, применяемые для борьбы с определенными бактериальными видами, которые, как известно, вызывают загрязнение. Чтобы сделать это, необходимо идентифицировать бактерии, а затем характеристики его обитания, изучаемые экстенсивно, для определения стратегий контроля. Также важно определить, влияет ли на сообщества бактерий масштабирование систем МБР при создании стендовых и опытных образцов, то есть определить возможность применения стратегий управления, разработанных в малых масштабах, для полномасштабных систем. Также важно выяснить, отличаются ли организмы в МБР от тех, которые применяются в других типах биологических процедур обработки, таких как обычные активные илы и системы фильтров. Большая часть сведений, известных или предполагаемых в отношении биологических процессов в МБР, в основном происходит из исследований систем с применением обычного активного ила, независимо от того, что между двумя процессами обработки существуют значительные различия в эксплуатационных и экологических условиях.

Некоторые исследователи изучали влияние характеристик смеси активного ила и твердых взвесей на загрязнение мембран [4-6], а также взаимосвязь между структурами микробного сообщества и биологическим обрастанием мембран [7-8]. Изменение состава микробного сообщества происходит при изменении условий работы, и сдвиг может привести к потере функций экосистем (нитрификация, денитрификация и удаление биологического фосфора).

Анализ результатов, полученных в этих исследованиях даёт возможность сделать вывод, что сообщества бактерий в опытных МБР, питаемых сырыми сточными водами, отличаются от процессов с традиционным использованием активного ила. Кроме того, на структуру бактериальных сообществ оказывает большое влияние состав сточных вод.

Для условий Узбекистана такие исследования не проводились, хотя для оценки возможности применения МБР необходимы данные о бактериальных сообществах.

В качестве метода исследования выбран денатурирующий электрофорез в геле с изменяющейся концентрацией акриламида (ДЭГИКА), признанный наиболее быстрым методом анализа бактериального сообщества.

Пробы объемом 1 л смешанного раствора (осадок сточных вод аэрационного резервуара) собирались раз в месяц в течение 6-месячного периода с очистных сооружений сточных вод г. Ташкента (Саларская станция аэрации), г. Бухары и г. Карши. Образцы собирали в пластиковые бутылки и сохраняли на льду сразу после сбора, затем отправляли в лабораторию и хранили в холодильнике до анализа. Все образцы были проанализированы в лаборатории Института биоорганической химии АН РУз. Анализируемые очистные сооружения получают различные по качеству (соленость, сочетание объемов коммунально-бытовых и промышленных стоков) сточные воды. Кроме того, исследовались воды со стандовой установки МБР, питаемой теми же сточными водами, что и Саларская станция аэрации.

Из отобранных проб в лаборатории выделяли полную геномную ДНК с последующей амплификацией на фрагменты с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР). После амплификации образцы ДНК загружали в полиакриламидные гели, которые выдерживались при 60°C в течение 210 минут. Затем гель окрашивали бромидом этидия (1,0 мг/л) в течение 10 мин, промывали и визуализировали с помощью ультрафиолетового транс-осветителя. Обнаруженные с помощью ДЭГИКА полосы затем вручную вырезали из геля для секвенирования ДНК и оценки с использованием онлайн-базы данных банка генов для идентификации отдельных видов бактерий.

Для анализа разнообразия сообществ предполагалось, что каждая полоса соответствует уникальному виду с плотностью полосы, соответствующей численности видов. Считалось, что каждая группа исходит из одного источника бактерий во время исследования разнообразия бактериальных сообществ. Более того, каждый шаблон профиля ДЭГИКА может отображать один или несколько различных типичных для конкретного образца видов. Различия в наблюдаемых образцах конкретных доминантных видов в каждом рабочем состоянии считались вызванными различием эксплуатационных и экологических условий, которые оказывали влияние на физиологические условия роста микробных сообществ.

В результате анализов выявлено, что во всех пробах присутствует 5 постоянных видов бактерий. Однако для различных очистных сооружений доминирующими являются разные виды бактерий из этих пяти. Результаты были значительно различны между стандовой МБР и реальными очистными сооружениями при использовании одного и того вида сточных вод.

Все образцы имели высокое сходство друг с другом, что указывает на то, что стресс-факторы биологической системы были относительно постоянными. Каждый биореактор показал разнообразное сообщество бактерий и различные доминирующие виды бактерий.

Сходство между группами микроорганизмов при наличии МБР и очистке без МБР находится на очень низком уровне (менее 5%) из-за существенной разницы в режимах работы, приводящих к различным физиологическим состояниям культур, даже если производится очистка сточных вод с такими же или сходными характеристиками. Поскольку микробные популяции, по-видимому, различаются для стандовых, пилотных (опытных) и полномасштабных МБР и процессов очистки с помощью активного ила, следует проявлять осторожность при экстраполяции данных, полученных при стандовых и пилотных исследованиях, для прогнозирования эффектов, ожидаемых в полномасштабных МБР. Необходимо проведение дополнительных исследований для изучения влияния условий эксплуатации на

разнообразие и обилие микробных сообществ в МБР, поскольку в большинстве известных исследований основное внимание уделялось эффективности МБР и загрязнения мембран без учета вовлеченных бактериальных сообществ.

Список литературы

1. Технологии очистки сточных вод с использованием мембранных биореакторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5427/ (дата обращения: 15.10.2018).
2. Эксплуатация мембранного биореактора для очистки сточных вод. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://promzn.ru/kanalizatsiya/membrannyj-bioreaktor.html/> (дата обращения 15.10.2018).
3. *Judd S.* The MBR book. Principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment. Oxford: Elsevier, 2006.
4. *Le-Clech P., Chen V.* Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment. *J. Membr. Sci.* Fane TAG, 2006. 284: 17-53.
5. *Li J., Yang F., Li Y., Wong F.S., Chua H.C.* Impact of biological constituents and properties of activated sludge on membrane fouling in a novel submerged membrane bioreactor. *Desalination* 225, 2008: 356-365.
6. *Wu J., Huang X.* Effect of mixed liquor properties on fouling propensity in membrane bioreactors. *J. Membr Sci* 342, 2009: 88-96.
7. *Wu B., Yi S.* Microbial behaviors involved in cake fouling in membrane bioreactors under different solids retention times. *Fane A.G.*, 2011. *Bioresour Technol* 102: 2511-2516.
8. *Jang D., Hwang Y., Shin H., Lee W.* Effects of salinity on the characteristics of biomass and membrane fouling in membrane bioreactors. *Bioresour Technol* 141, 2013: 50-56.