

Реферат

Мембранные биореакторы для очистки сточных вод

2010

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ.....</u>	<u>3</u>
<u>ВВЕДЕНИЕ.....</u>	<u>4</u>
<u>1.ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД. ЭТАПЫ.....</u>	<u>5</u>
<u>2.МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....</u>	<u>8</u>
<u>2.1.Сферы применения мембранных технологий в водоочистке.....</u>	<u>9</u>
<u>2.2.Характеристики мембранных процессов.....</u>	<u>12</u>
<u>2.3.Стандартные энергетические затраты и степень извлечения.....</u>	<u>13</u>
<u>4.МЕМБРАННЫЙ БИОРЕАКТОР</u>	<u>17</u>
<u>4.1 Мембранные биореакторы "cross-flow".....</u>	<u>24</u>
<u>"airlift mbr" и система "dead-end" при водоподготовке.....</u>	<u>24</u>
<u>и очистке (доочистке) сточных вод.....</u>	<u>24</u>
<u>4.2. Мембранные биореакторы (MBR) с использованием.....</u>	<u>27</u>
<u>погружных полволоконных мембран производства.....</u>	<u>27</u>
<u>Mitsubishi Rayon Engineering.....</u>	<u>27</u>
<u>5.МЕМБРАННЫЕ БИОРЕАКТОРЫ: МИРОВОЙ РЫНОК.....</u>	<u>33</u>
<u>6.МИРОВОЙ РЫНОК МЕМБРАННЫХ БИОРЕКТОРОВ.....</u>	<u>34</u>
<u>ПО ВЕРСИИ КОМПАНИИ FROST & SULLIVAN.....</u>	<u>34</u>
<u>ВЫВОДЫ.....</u>	<u>35</u>

Перечень терминов и сокращений

Сточные воды – по ГОСТ 17.1.1.01-77 – воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

Очистка сточных вод – по ГОСТ 17.1.1.01-77 – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

Аэробный процесс очистки сточных вод – процесс разрушения органических веществ микроорганизмами в присутствии кислорода воздуха.

Аэротенк – сооружение для биологической очистки сточных вод с аэрацией воздухом.

Активные ил – ил, содержащий микроорганизмы, которые сорбируют и разлагают загрязняющие вещества в сточных водах.

Мембрана – жесткая селективно-проницаемая перегородка, разделяющую массообменный аппарат на две рабочие зоны, в которых поддерживаются различные давления и составы разделяемой смеси.

КОС – канализационное очистное сооружение.

[УФС](#) — устройство фильтрующее самоочищающееся.

[БПК](#) - биологическое потребление кислорода.

СВ – сточные воды.

MLSS - максимальное стабильное содержание лактата.

Введение

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Так, например, в России почти 500 кубических метров воды на человека расходуется ежегодно. Для сравнения: в мире этот показатель составляет 200-250 кубических метров воды на человека в год [1]. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³ [2].

Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное количество воды расходуется для потребностей отрасли животноводства, а также на бытовые потребности населения. Большая часть воды после ее использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод.

Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют все страны, ученых мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

1. Очистка сточных вод. Этапы

Очистка сточных вод - комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных [сточных водах](#). Обычно осуществляется в КОС установках [3]. .

Очищение происходит в несколько этапов:

- механический;
- биологический;
- физико-химический;
- иногда дезинфекция сточных вод.

1.1. Механический этап

Производится предварительная очистка поступающих на очистные сооружения сточных вод с целью подготовки их к биологической очистке. На механическом этапе происходит задержание нерастворимых примесей.

Сооружения для механической очистки сточных вод:

- [решётки](#) (или [УФС](#)) и [сита](#);
- [песколовки](#);
- первичные [отстойники](#);
- [мембранные](#) элементы;
- [септики](#).

Для задержания крупных загрязнений органического и минерального происхождения применяются [решётки](#) и для более полного выделения грубодисперсных примесей - [сита](#). Максимальная ширина прозоров решётки составляет 16мм. Отбросы с решёток либо дробят и направляют для совместной переработки с осадками очистных сооружений, либо вывозят в места обработки твёрдых бытовых и промышленных отходов.

Затем стоки проходят через [песколовки](#), где происходит осаждение мелких частиц (песок, шлак, бой стекла т. п.) под действием силы тяжести и [жироловки](#), в которых происходит удаление с поверхности воды

гидрофобных веществ путём [флотации](#). Песок из песколовков обычно складывается или используется в дорожных работах.

В последнее время [мембранная технология](#) становится перспективным способом при очистке сточных вод. Очистка сточных вод с использованием прогрессивной мембранной технологии применяется в комплексе с традиционными способами, для более глубокой очистки стоков и возврата их в производственный цикл.

Очищенные таким образом сточные воды переходят на первичные [отстойники](#) для выделения взвешенных веществ. Снижение [БПК](#) составляет 20-40%.

В результате механической очистки удаляется до 60-70% минеральных загрязнений, а [БПК₅](#) снижается на 30%. Кроме того, механическая стадия очистки важна для создания равномерного движения сточных вод (усреднения) и позволяет избежать колебаний объёма стоков на биологическом этапе.

1.2. Биологический этап

Биологическая очистка предполагает деградацию органической составляющей [сточных вод микроорганизмами](#) ([бактериями](#) и [простейшими](#)).

На данном этапе происходит [минерализация](#) сточных вод, удаление органического [азота](#) и [фосфора](#), главной целью является снижение [БПК₅](#).

Могут использоваться как [аэробные](#), так и [анаэробные](#) микроорганизмы.

С технической точки зрения различают несколько вариантов биологической очистки. На данный момент основными являются [активный ил](#) ([аэротенки](#)), [биофильтры](#) и [метантенки](#) (анаэробное [брожение](#)).

Первичные отстойники, куда на этом этапе попадает вода, предназначены для осаждения взвешенной органики. Это железобетонные резервуары глубиной пять метров и диаметром 40 и 54 метра. В их центры снизу подаются стоки, осадок собирается в центральный приямок

проходящими по всей плоскости дна скребками, а специальный поплавок сверху сгоняет все более легкие, чем вода, загрязнения, в бункер.

Также в биологической очистке, после первичных отстойников, существует вторая линия радиальных отстойников. Это [илососы](#). Они предназначены для удаления активного ила со дна вторичных отстойников очистных сооружений промышленных и хозяйственных стоков.

1.3. Физико-химический этап

Для улучшения параметров очистки могут быть применены различные химические методы, как, например, дополнительная седиментация фосфора солями [Fe](#) и [Al](#), [хлорирование](#), [озонирование](#), а также физико-химические методы, такие как [электрофлотация](#).

1.4. Дезинфекция сточных вод

Для окончательного обеззараживания сточных вод предназначенных для сброса на рельеф местности или в водоем применяют [установки ультрафиолетового облучения](#).

Для обеззараживания биологически очищенных сточных вод, наряду с ультрафиолетовым облучением, которое используется, как правило, на очистных сооружениях крупных городов, применяется также обработка хлором в течение 30 минут.

Хлор уже давно используется в качестве основного обеззараживающего реагента практически на всех очистных станциях городов. Поскольку хлор довольно токсичен и представляет опасность очистные предприятия многих городов уже активно рассматривают другие реагенты для обеззараживания сточных вод такие как гипохлорит, дезавид и озонирование.

2. Мембранные технологии очистки сточных вод

Промышленные мембранные установки должны соответствовать следующим требованиям [4], которые необходимо учитывать на стадии проектирования:

- большая рабочая поверхность мембран на единицу объема установки;
- простота монтажа и обслуживания системы;
- жидкость при движении по мембранным элементам должна распределяться равномерно и обладать достаточно высокой скоростью течения для уменьшения вредного воздействия концентрационной поляризации;
- обеспечивать минимальный перепад давления в установке (потеря напора питающего потока);
- обладать герметичностью, коррозионной стойкостью и достаточным запасом механической прочности для работы аппарата при повышенных давлениях и с агрессивными химическими средами.

Создать оборудование, полностью удовлетворяющее всем перечисленным выше требованиям, невозможно, следовательно, для каждого конкретного мембранного процесса проектируется установка такой конструкции, которая обеспечит оптимальные условия ведения процесса разделения / концентрирования.

Мембранные установки имеют основные четыре типа, различающиеся по способу расположения мембран:

- установки с плоскими мембранными элементами;
- установки с трубчатыми мембранными элементами;
- установки с мембранными элементами рулонного типа;
- установки с полуволоконными мембранами.

Во всех установках для ведения мембранных процессов могут быть использованы как мембраны с жесткой структурой (керамические) так и уплотняющиеся мембраны (полимерные).

Ниже представлены наиболее распространенные области применения мембранных технологий для очистки сточных вод, основные рабочие диапазоны мембран, а также стандартные энергетические затраты и степень извлечения для различных мембранных процессов.

Необходимо отметить, что за последние годы наблюдается тенденция снижения рабочего давления для всех мембранных процессов, за исключением электродиализа. Ожидается, что рабочие давления будут и дальше снижаться по мере разработки новых мембран.

2.1. Сферы применения мембранных технологий в водоочистке

В таблице 1 приведены сферы применения мембран в различных видах очистки сточных вод, а также представлено краткое описание технологий соответствующих процессов.

Таблица 1. Сферы применения мембранных технологий водоочистке

Применение мембран	Описание технологии
Микрофильтрация и ультрафильтрация	
Аэробная биологическая очистка	Мембрана применяется для отделения очищенных сточных вод от иловых масс, образовавшихся в процессе очистки с помощью биологически активного ила. Подобные процессы проводят в мембранных биореакторах. Разделительный мембранный модуль может быть погружен внутрь биореактора или находиться вне его.
Анаэробная биологическая очистка	Мембрана применяется для отделения очищенных сточных вод от биомасс, образовавшихся в анаэробном реакторе полного смешения.
Аэрация при биологической	Плоские, рамочные, трубчатые, полволоконные мембраны используются для подачи чистого кислорода

очистке	в биореактор. Подобные процессы проводят в мембранных аэрационных биореакторах.
Мембранная экстракция при биологической очистке	Мембраны применяются для экстракции разлагающихся органических молекул из неорганических компонентов (кислот, оснований и солей) сточных вод с последующей биологической очисткой. Подобные процессы проводят в экстракционных мембранных биореакторах.
Предварительная очистка для эффективной дезинфекции	Применяется для удаления остаточных взвешенных твердых частиц из вторичных промышленных отходов или из сточных вод с глубины или с поверхности фильтра для достижения эффективной дезинфекции с использованием хлора, ультрафиолетового излучения.
Предварительная очистка для нанофильтрации и обратного осмоса	Микрофильтрация применяется для удаления остаточных коллоидных и взвешенных твердых частиц как этап предварительной очистки.
Нанофильтрация	
Оборотное водоснабжение предприятий (повторное использование СВ после очистки)	Нанофильтрация применяется для очистки предварительно отфильтрованных стоков (обычно с микрофильтрацией) для вторичного использования.
Умягчение воды и очищенных сточных вод	Используется для снижения концентрации ионов, способствующих появлению жесткости.
Обратный осмос (Гиперфильтрация)	
Оборотное	Используется для обессоливания предварительно

водоснабжение предприятий (повторное использование сточных вод после очистки)	очищенных сточных вод(обычно с электрофлотацией и ультрафильтрацией). Также можно применять для обеззараживания воды, когда используется обратный осмос.
Мембранное концентрирование загрязнений	Процессы обратного осмоса, как было подтверждено, способны удалять большие количества отобранных компонентов.
Двухстадийная очистка в процессе водоподготовки для котельных и бойлеров	Две стадии обратного осмоса применяются для производства воды, пригодной для бойлерных, работающих под высоким давлением.

2.2. Характеристики мембранных процессов

В таблице 2 представлены основные рабочие диапазоны мембран а также материал и конфигурация мембранных элементов, используемых при проведении разных мембранных процессов.

Таблица 2. Характеристики мембранных процессов

Мембранный процесс	Рабочий диапазон, мкм	Рабочее давление, кПа	Мембранные элементы	
			Материал	Конфигурация
Микро-фильтрация	0,08-2,0	7-100	Полипропилен, акрилонитрил, нейлон, фторопласт, керамика	Рулонные, половолоконные, плоскопараллельные, патронные, трубчатые
Ультра-фильтрация	0,005-0,2	70-700	Ацетат целлюлозы, ароматические полиамиды	Рулонные, половолоконные, плоскопараллельные
Нано-фильтрация	0,001-0,01	500-1000	Ацетат целлюлозы, ароматические полиамиды	Рулонные, половолоконные
Обратный осмос	0,0001-0,001	850-7000	Ацетат целлюлозы, ароматические полиамиды	Рулонные, половолоконные

2.3. Стандартные энергетические затраты и степень извлечения

В таблице 3 представлены стандартные энергетические затраты и степень извлечения для различных мембранных процессов.

Таблица 3. Стандартные энергетические затраты и степень извлечения

Мембранный процесс	Рабочее давление, кПа	Энергозатраты, Вт/м ³	Степень извлечения продукта, %
Микрофильтрация	100	0,4	94 - 98
Ультрафильтрация	525	3	70 - 80
Нанофильтрация	875	5,3	80 - 85
Обратный осмос	1575	10,2	70 - 85
(гиперфильтрация)	2800	18,2	70 - 85
Электродиализ	-	9,5	75 - 85

3. Очистка сточной воды с применением технологии MBR

Биологические методы давно и успешно используются как основной метод очистки хозяйственно-бытовых сточных вод и фекальных стоков. Биологическая очистка широко применяется как для очистки коммунальных сточных вод больших городов, так и для частных домов. Основой конструкции биологической очистки сточных вод является биореактор, где происходит переработка или утилизация загрязнений. В зависимости от типов загрязнений сточной воды в биологической очистке сточных вод применяются аэробные способы, анаэробные или совмещенные. Помимо биореактора в биологической очистке сточных вод используется набор дозирующего оборудования, насосного оборудования, емкостного и т.д. Как правило, биологическая очистка коммунальных сточных вод представляет собой типовые решения, отличающиеся друг от друга производительностью.

Промышленные сточные воды отличаются от коммунальных сточных вод. Соответственно, подход и конструкция биологической очистки коммунальных сточных вод не подходит для применения в очистке производственных сточных вод. Состав производственных сточных вод разнообразен в зависимости от типа производства и других факторов. Подбор технологии и конструкции биологической очистки производственных стоков требует индивидуального подхода к каждому проекту. В большинстве случаев биологическая очистка является лишь одним из этапов в общей технологии очистки промышленных сточных вод.

В настоящее время с развитием мембранных технологий появилось новое поколение биологической очистки – мембранные биореакторы (MBR). Конструкция мембранного биореактора представляет собой совмещение стандартного биореактора с ультрафильтрационной установкой. Для биологической очистки промышленных сточных вод мембранные биореакторы имеют значительные преимущества перед обычными биореакторами.

Основные сравнительные характеристики классического и мембранного биореакторов отражены в таблице 4 [5].

Таблица 4. Сравнение классического и мембранного биореакторов для биологической очистки сточных вод

Классический	MBR
•низкий MLSS (3-5 г/л) •укороченное время жизни активного осадка •только бактерии-флоккулянты •только быстрорастущие бактерии •не развиваются компонент-специфические бактерии •переток осадка •конечные стоки низкого качества.	•средний MLSS (максимальное стабильное содержание лактата) (10-20 г/л) •удлиненное время жизни активного осадка •все виды бактерий выживают •хорошие условия для развития компонент-специфических бактерий •нет перетока осадка •конечные стоки высокого качества

Основные преимущества внедрения технологии мембранных биореакторов:

- повышение эффективности и надежности очистных сооружений;
- повышение производительности очистных сооружений за счет увеличения концентрации активного ила в аэротенках;
- создание компактных очистных сооружений, благодаря замене вторичного отстаивания и фильтрации на фильтрах различного типа на мембранную доочистку;
- снижения объема избыточного активного ила.

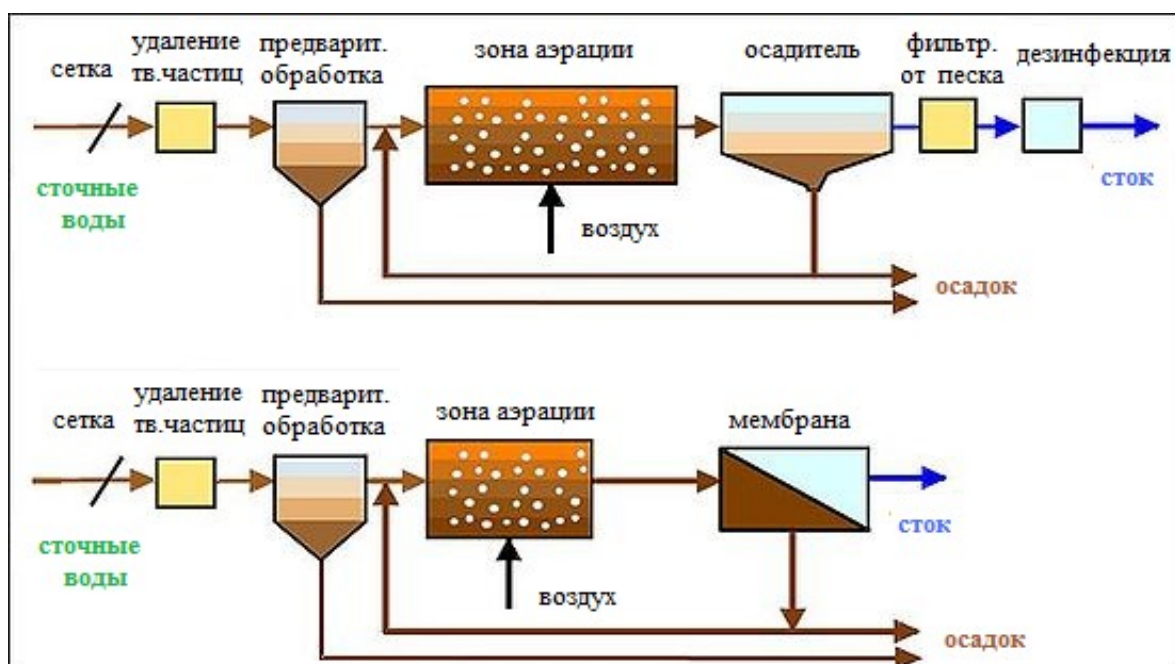


Рисунок 1. Схема обычной очистки с применением активного ила (сверху) и очистки с применением мембранного биореактора (снизу)

Кроме перечисленных преимуществ в применении мембранного биореактора для очистки любых сточных вод необходимо отметить следующее. После классического биореактора очищенная вода требует дополнительной фильтрации и обеззараживания (рисунок 1). В настоящее время для обеззараживания очищенной сточной воды после классического биореактора используют добавление гипохлорита натрия или ультрафиолетовые лампы. Гипохлорит натрия вызывает необходимость использования сорбционных фильтров на конце технологии, а ультрафиолетовые лампы не дают необходимой эффективности обеззараживания. Мембранный биореактор решает данные проблемы высокой степенью надежности.

Использование мембранных биореакторов является наиболее перспективным направлением для очистки промышленных сточных вод.

4. Мембранный биореактор

Технология MBR это комбинирование различных биохимических и мембранных процессов. Мембранный биореактор сочетает в себе процессы микрофльтрации и ультрафльтрации, а также процесс аэробной биологической очистки сточных вод.

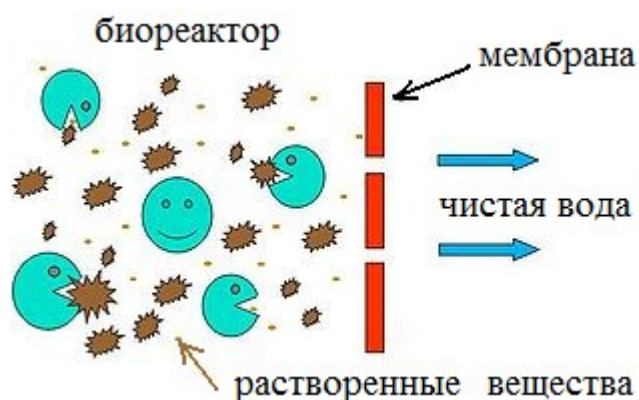


Рисунок 2. Схема, описывающая процессы в MBR

Мембраны (трубчатые, полволоконные и плоскостные элементы) служат в MBR в качестве барьера, дающего возможность очищать воду от содержащихся в ней загрязнений с высокой селективностью (высокомолекулярные соединения, взвешенные вещества, микроорганизмы активного ила и пр.) (рисунок 2). В зависимости от технологических задач мембранный биореактор [6] может использоваться как на этапе финишной очистки (до стадии обеззараживания), так и для предочистки перед нанофльтрацией и обратным осмосом при необходимости обессоливания очищенной воды.

Применение мембранных биореакторов:

- очистка сточных вод промышленных предприятий;
- очистка сточных вод молокозаводов и маслосырзаводов;
- очистка поверхностных сточных вод;
- промышленная очистка воды текстильного производства;
- очистка сточных вод птицефабрик.

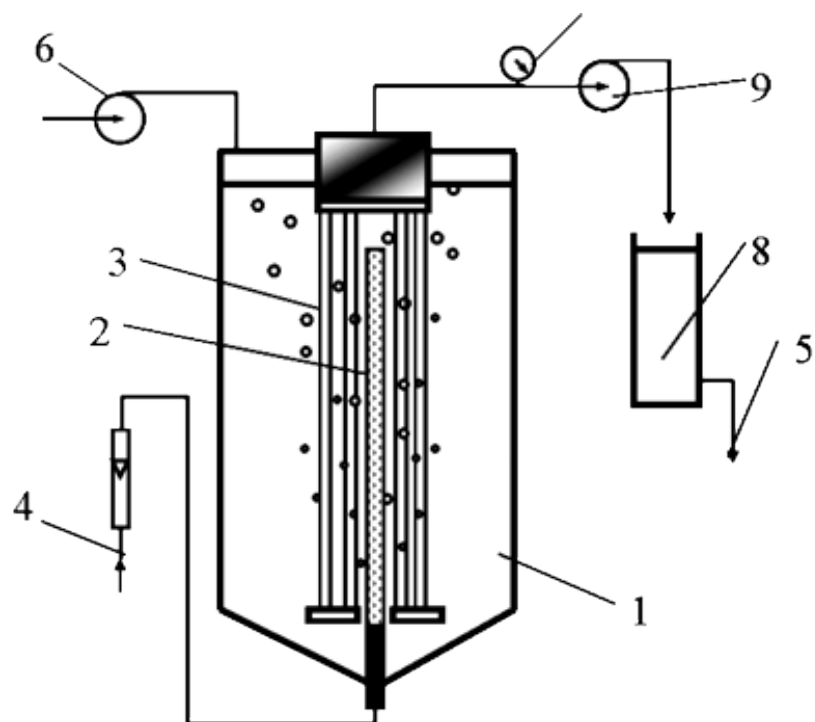


Рисунок 3. Схема мембранного биореактора по версии Технопарка РХТУ им Д.И. Менделеева:
 1 - реактор, 2 - аэратор, 3 - полуволоконные мембраны, 4 - воздух, 5 - очищенная вода, 6, 9 - насосы, 7 - манометр, 8 – фильтрат



Рисунок 4. Схема мембранного биореактора по версии компании Siemens

В настоящее время на рынке представлены установки очистки сточных вод, в основу работы которых заложены многоступенчатые схемы. Это связано с тем, что классические биологические методы без дополнительных блоков доочистки не обеспечивают требуемого качества очистки сточных вод. Так, например, по нормативным требованиям для сброса очищенных стоков в рыбохозяйственные водоемы значение БПК_{полн} должно быть не более 3,0 мг/л, а биологическими методами очистки можно добиться значений БПК_{полн} всего 10 - 15 мг/л.

Предел качества очистки по биологической технологии связан с неизбежным выносом активного ила вместе с очищенной водой. Вынос активного ила приводит к вторичному загрязнению очищенной сточной воды и требует применения специальных методов ее доочистки.

Доочистка в классической технологии производится на [механических](#) и [сорбционных](#) фильтрах с применением различных реагентов (коагулянтов, флокулянтов, щелочи, дезинфектантов, биогенных добавок, биопрепаратов и т.д.).

Лимитирующим фактором при использовании фильтров доочистки является малый ресурс фильтрующих загрузок, связанный с их быстрым биообрастанием, заиливанием и выходом из строя, приводящим к проскокам загрязняющих веществ.

Термин «многоступенчатая доочистка», преподносимый поставщиками как синоним эффективности, по сути, означает обратное - технологическое несовершенство установок, их сложность, ненадежность и, в конечном итоге, неспособность устойчиво обеспечивать качество очистки сточных вод в соответствии с нормативными требованиями, предъявляемыми российским законодательством.

Альтернативой технологии биологической очистки с многоступенчатой доочисткой и постоянным вводом реагентов является современная мембранно-биологическая технология с использованием мембранного биореактора (MBR).

Задача обеспечения нормативов качества очищенной сточной воды для объектов локального водоотведения не получила удовлетворительного решения при эксплуатации классических проточных систем биологической очистки. Многолетний негативный опыт эксплуатации таких сооружений вызывает необходимость применения для очистки сточных вод принципиально новых технологий.

Технологический прорыв в этом направлении произошел около пятнадцати лет назад, когда в области очистки сточных вод появились мембранные биореакторы (MBR).

В основу действия биореактора положен синтез биотехнологии и технологии разделения водных суспензий на ультрафильтрационных полимерных мембранах.

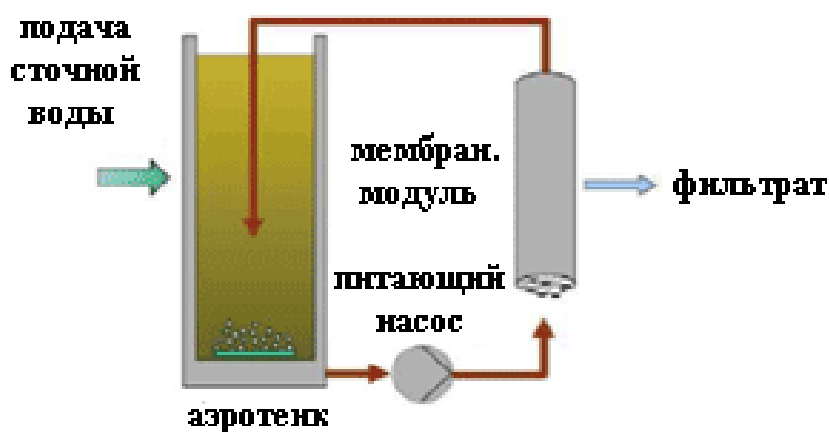


Рисунок 5. Схема мембранного биореактора по версии

компании ЗАО «АКВАМЕТОСИНТЕЗ»

Система МБР состоит из аэротенка и мембранного модуля, оборудованного полуволоконными ультрафильтрационными мембранами. Обработываемые сточные воды поступают в аэротенк. Находящаяся в аэротенке иловая смесь циркулирует через мембранный модуль. Ультрафильтрационные мембраны служат для повышения концентрации активного ила в аэротенке и глубокой очистки обрабатываемых сточных вод. Аэротенк в системе MBR работает с высокой концентрацией активного ила, поэтому его размеры в 2-3 раза меньше размеров классического проточного аэротенка.

Аэрирование осуществляется сжатым воздухом с помощью аэрационных систем (воздуходувок). В зависимости от требуемой производительности мембранные модули объединяются в мембранный блок. Число мембранных модулей в блоке может быть увеличено при возникновении необходимости повышения производительности системы.

Применяемое в системах MBR касательное фильтрование иловой смеси предотвращает ее забивание, т. е. накопление на ней отложений (бактерий). Такое движение иловой смеси обеспечивается циркуляционным насосом с производительностью, значительно выше расхода подлежащей обработке сточной воды. Возможность регулирования расхода и давления в циркуляционном контуре позволяет наладить полноценное управление процессом мембранного фильтрования при максимальной его эффективности. Кроме этого, реализация режима касательного фильтрования имеет положительные последствия в отношении биологии всей системы. Постоянное омывание мембран диспергирует очищающие бактерии, которые более не образуют плотные флоккулы, а потому возможность их прямого контакта с загрязнениями и кислородом значительно увеличивается. Из этого следует, что соотношение активных бактерий и окисляемых загрязнений

оказывается большим в системе MBR, чем это обычно встречается в классической системе с активным илом.

Микроорганизмы активного ила не выносятся из системы MBR, поэтому биореактор работает в условиях высокой концентрации биомассы значительного возраста. Кроме этого, постоянная циркуляция приводит к механическому воздействию на оболочки бактерий. Именно поэтому основная потребляемая бактериями энергия используется не для размножения (как это происходит в классических биотехнологиях), а расходуется для поддержания жизнедеятельности, что приводит к снижению прироста избыточной активной биомассы.

Таким образом, система MBR производит меньшее количество (на 20-50%) избыточного активного ила по сравнению с классическим способом аэробной обработки. А это, в свою очередь, позволяет существенно снизить общие эксплуатационные затраты, ибо затраты на утилизацию избыточного ила составляет 30-40% от общих эксплуатационных затрат очистных сооружений.

При любом мембранном фильтровании требуется периодическая чистка мембраны для восстановления ее исходных характеристик и снятия возможных органических и минеральных отложений. Поскольку мембранный блок системы MBR вынесен из биореактора и монтируется в отдельном помещении, он легко доступен для технического обслуживания.

Промывка мембранного блока осуществляется с помощью циркуляционного насоса, который обеспечивает равномерное омывание мембран по всей их длине, что гарантирует одинаковую чистоту поверхности в любой точке. Промывка мембранного блока полностью автоматизирована. Она длится несколько часов и осуществляется несколько раз в год в качестве профилактической меры в автоматическом режиме.

Применение технологии MBR позволяет:

- произвести, без включения в технологическую схему дополнительных блоков, глубокую очистку сточных вод от загрязняющих веществ до показателей, удовлетворяющих требованиям по сбросу очищенных стоков в природные водоемы всех категорий;
- повысить устойчивость работы биореактора к залповым сбросам биорезистивных веществ, характерных для промышленных объектов локального водоотведения;
- снизить на 20 - 40% массогабаритные характеристики емкостных сооружений, так как необходимое количество активного ила находится в меньшем объеме при более высокой концентрации;
- уменьшить на 30 - 70 % площади, занимаемые оборудованием (ввиду отсутствия вторичных отстойников, блоков доочистки, иловых площадок);
- обеспечить высокую микробиологическую безопасность очищенных стоков (за счет двухступенчатой безреагентной системы обеззараживания: мембраны не пропускают микроорганизмы, и [ультрафиолетовое облучение](#) обеспечивает дополнительное обеззараживание воды).

4.1 Мембранные биореакторы "cross-flow", "airlift mbr" и система "dead-end" при водоподготовке и очистке (доочистке) сточных вод

Группа компаний "Экополимер" [7] предлагает использовать один из самых перспективных способов водоподготовки и очистки (доочистки) сточных вод - мембранные технологии.

Мембранные технологии могут использоваться как для водоподготовки, так и для очистки (доочистки) муниципальных и промышленных сточных вод (мембранный биореактор MBR).

Принципиальная технологическая схема процесса мембранной очистки сточных вод представлена на рисунке 6.

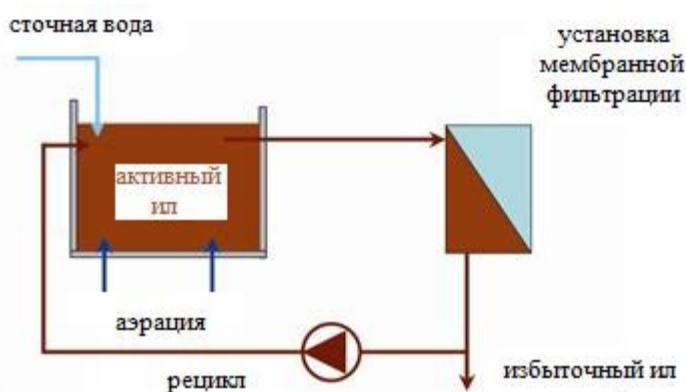


Рисунок 6. Принципиальная технологическая схема биологической очистки с мембранным разделением ила

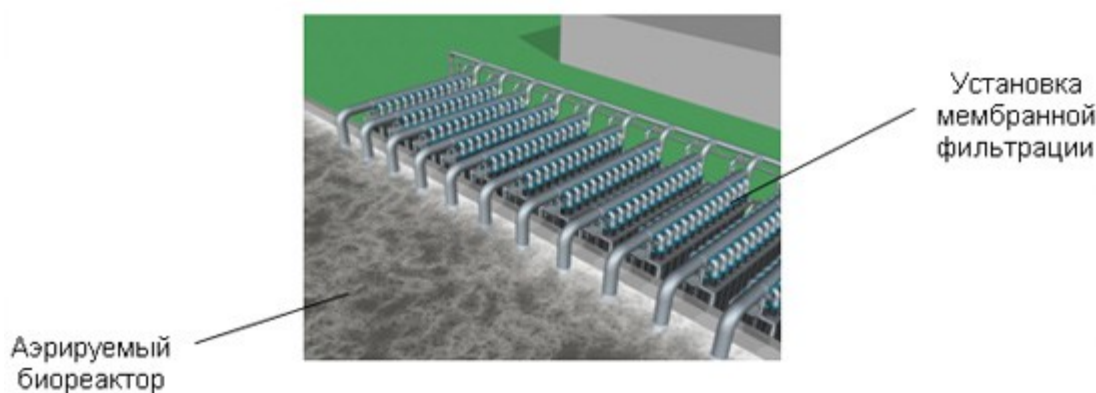


Рисунок 7. Мембранный биореактор

Сочетание биологической очистки сточных вод и мембранных технологий дает ряд преимуществ перед традиционными способами, которые используются для очистки промышленных сточных вод.

К этим преимуществам относятся:

- возможность очистки высококонцентрированных сточных вод;
- возможность увеличения или уменьшения производительности без изменения технологического процесса;
- позволяет избавиться от вторичных отстойников и УФ-обеззараживания;
- возможность работы при концентрации активного ила в биореакторе 12-15 г/л, что позволит уменьшить его объем практически в 3 раза;
- получение малого количества избыточного активного ила, что значительно влияет на стоимость его механического обезвоживания и утилизацию;
- очищенные сточные воды не содержат взвешенных частиц, бактерий и вирусов;
- малые энергозатраты;
- возможность применения для очистки сточных вод различного происхождения.

Мембранный биореактор состоит из определенного количества мембранных модулей (рисунок 8), которые и определяют его производительность.

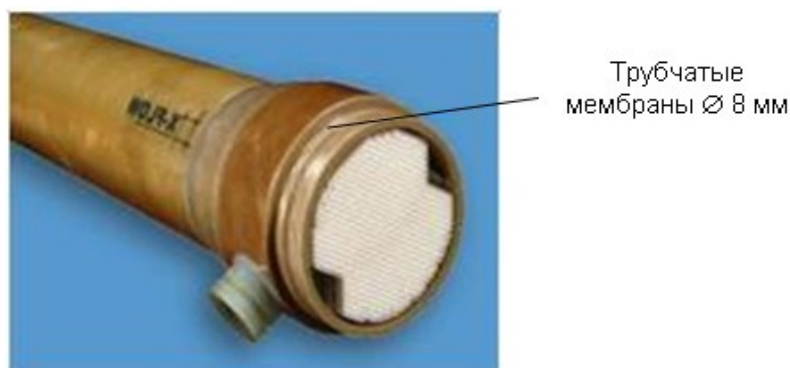


Рисунок 8. Мембранный модуль проточного типа

Особенностью конструкции предлагаемых мембранных модулей является то, что сточная жидкость, которая подлежит очистке, направляется внутрь трубчатой мембраны, что значительно повышает его надежность. Дизайнерские решения нашей компании позволяют проектировать мембранные биореакторы любой сложности (рисунок 9).

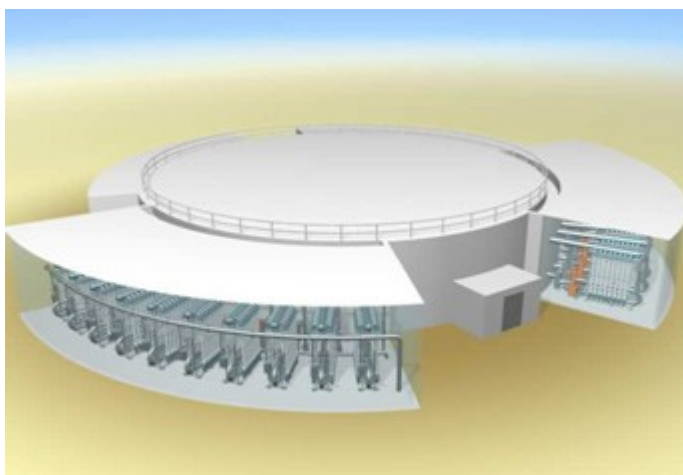


Рисунок 9 .Пример дизайнерского решения

Срок службы мембран - 8 лет при условии соблюдения культуры обслуживания, которая регламентируется производителем.

4.2. Мембранные биореакторы (MBR) с использованием погружных полуволоконных мембран производства

[Mitsubishi Rayon Engineering](#)

Научно-инженерный центр «Потенциал-4» [8] в сотрудничестве с компанией RWB Afvalwater (Голландия) предлагает технологию мембранных биореакторов (MBR) с использованием погружных полуволоконных мембран производства [Mitsubishi Rayon Engineering](#) (Япония).

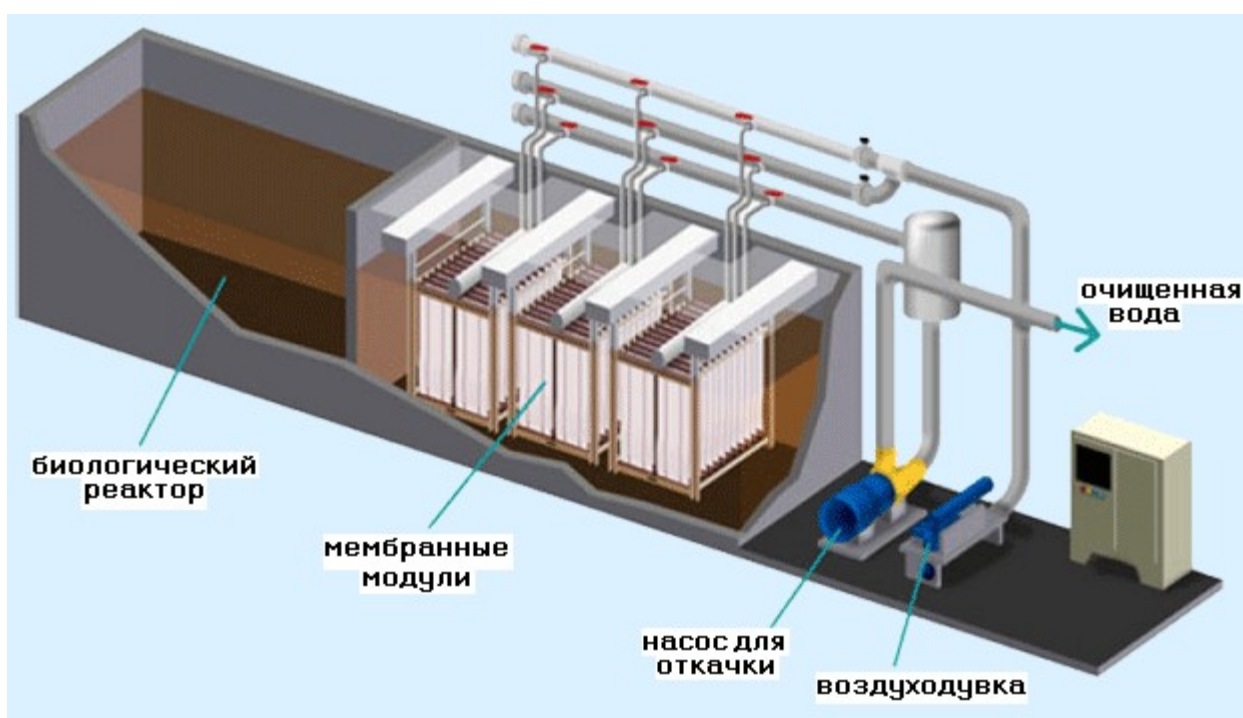


Рисунок 10. Схема мембранного биореактора по версии научно-инженерного центра «Потенциал-4»

Наш «конек» в области очистки сточных вод это – мембранные биореакторы (MBR) с использованием погруженных полуволоконных мембран. Для начала - краткий обзор основных недостатков традиционных схем очистки сточных вод. После этого мы познакомим Вас с технологией мембранных биореакторов.

В рамках традиционных схем сточные воды обрабатываются в три этапа:

- удаление грубодисперсных примесей;
- биологическое разложение загрязнений в активированном шламе с помощью аэрации;
- седиментация и возвращение активированного шлама на этап 2.

На первый взгляд эта схема кажется достаточно простой, однако на практике все часто получается совсем иначе. По целому ряду причин, многие системы плохо поддаются седиментации на этапе 3, что приводит к неоптимальным биологическим условиям на этапе 2. В результате качество воды на выходе оказывается намного хуже, чем можно было бы ожидать исходя из общих соображений.

Чтобы решить эту проблему, размеры традиционных систем часто приходится делать слишком большими, использовать слишком большие аэротанки и слишком большие пруды-отстойники. Иногда это даже порождает новые проблемы, связанные с недостаточным количеством активированного шлама в периоды малой загрузки, что особенно часто случается при очистке промышленных сточных вод. В дополнение к этим хорошо известным проблемам, в рамках традиционных схем практически невозможно гарантировать отсутствие в «выходных» водах болезнетворных бактерий, таких, например, как бактерия холеры.

В контексте недостатков традиционных схем рассмотрим теперь преимущества мембранных биореакторов, которые позволяют нам сделать особый акцент на качестве получаемой воды и на простоте эксплуатации.

Экономика: Отношение цена-качество полуволоконных биореакторов намного лучше, чем для других систем.

Малые размеры: Наши МБР работают при концентрациях шлама в 3-5 раз превышающих характерные для традиционных систем. Это обуславливает их очень компактный дизайн.

Низкое энергопотребление: Поскольку два модуля в одном пакете мембран используют одну общую систему аэрации, энергозатраты на аэрацию очень малы. Кроме этого, экстракционные насосы специально спроектированы с целью уменьшить энергопотребление до минимума. При производительности 100м³/ч энергозатраты на откачивание воды составляют примерно 0.35 кВт/м³.

Отличное качество воды «на выходе»: Полуволоконные мембраны МБР задерживают бактерии более чем на 99.99999%.

«Незагрязняемые» мембраны: Наши мембраны очень мало подвержены загрязнению. На некоторых сооружениях для очистки промышленных сточных вод мембраны приходится химически чистить не чаще одного раза в год.

Длительное время эксплуатации мембран: Благодаря однородной структуре мембран, их высокой сопротивляемости загрязнениям и высокой стойкости по отношению к различным химикатам время эксплуатации мембран очень велико. Кроме того, если даже одно из волокон порвется это – не проблема, поскольку капилляр очень скоро будет закупорен растущими бактериями активированного шлама.

Эффективная обработка стоков в высокими ХСК: В хорошо спроектированных системах удастся успешно иметь дело с ХСК порядка нескольких 10,000 мг/л.

Простота в эксплуатации: Управление системой очень просто и осуществляется автоматически. Очистка мембран производится при необходимости, и эта операция также автоматизирована.

Блочный дизайн: Если Вам нужно увеличить производительность Ваших очистных сооружений, Вы просто добавляете необходимое количество мембранных модулей.

Ненужность избыточного шлама: Поскольку проблема плохой седиментации не существует для МБР, система может эксплуатироваться в

режиме малых шламовых нагрузок. Благодаря этому нет необходимости в избыточном шламе, и в результате могут быть уменьшены затраты на эксплуатацию.



Рисунок 11. Мембранный модуль (компания Siemens)



Рисунок 12. РЕКА KROEF, крупнейшие в Нидерландах сооружения для очистки промышленных сточных вод с помощью MBR производительностью 2,880 м³/сутки

Погруженные полволоконные мембраны Mitsubishi Rayon Engineering.

В результате детального изучения рынка, RWB Afvalwater выбрала мембраны Mitsubishi как наилучшие в смысле отношения цены к качеству. Фирма Mitsubishi Rayon Engineering имеет мощный научно-исследовательский отдел, который постоянно работает над улучшением существующих и разработкой новых мембранных технических решений. В МБР, поставляемых фирмой RWB Afvalwater, в настоящее время используются мембраны следующих двух видов:

SteraporeSURTM

- Разработаны для водоочистных сооружений малого-среднего размера (от десятков до нескольких тысяч м³/сутки).
- Широко используются для очистки бытовых и промышленных сточных вод (более 2000 очистных сооружений по всему миру на сентябрь 2007 г.).
- Модульный дизайн.
- Половолоконные мембраны из полиэтилена.
- Прекрасное отношение цена-качество.
- Постоянно-гидрофильная поверхность мембран.
- Возможна утилизация материала путем переплавки.



Рисунок 13. Мембранный модуль SUR 334 LB

SteraporeSADFTM

- Разработаны для крупно-масштабных водоочистных сооружений, например, для муниципальных систем очистки бытовых сточных вод (от сотен до сотен тысяч м³/сутки).
- Применимы как к бытовым так и к промышленным стокам.
- Полуволоконные мембраны из поливинилиденфторида (PVDF) (мембраны SADF).
- Высокая проницаемость.
- Высокая химическая стойкость.
- Превосходные механические свойства.



Рисунок 14. Kettle Produce (Шотландия), крупнейшие в Европе сооружения для очистки промышленных стоков с использованием МБР производительностью 4,000 м³/сутки.

5. Мембранные биореакторы: мировой рынок.

Согласно статье Сьюзан Ханфт, представленной на сайте «BBS Research» [9]:

- мировой рынок технологий мембранных биореакторов, как ожидается, увеличится с 216,6 млн. долларов США в 2005 году до приблизительно 296 миллионов к концу 2008 года. Он должен достичь 488 млн в 2013 году, среднегодовой темп роста в процентах 10,5%.
- Большинство MBR используют аэробные микробные процессы, что должно составить 291 млн долларов США в 2008 году и 483 млн в 2013 году, среднегодовой темп роста - 10,7%.
- Очистка муниципальных и бытовых сточных вод принесла 96,6 млн. долларов США в 2005 году. Этот показатель должен увеличиться до 142 млн в 2008 году и 249 млн в 2013 году, среднегодовой темп роста составит 11,9%.

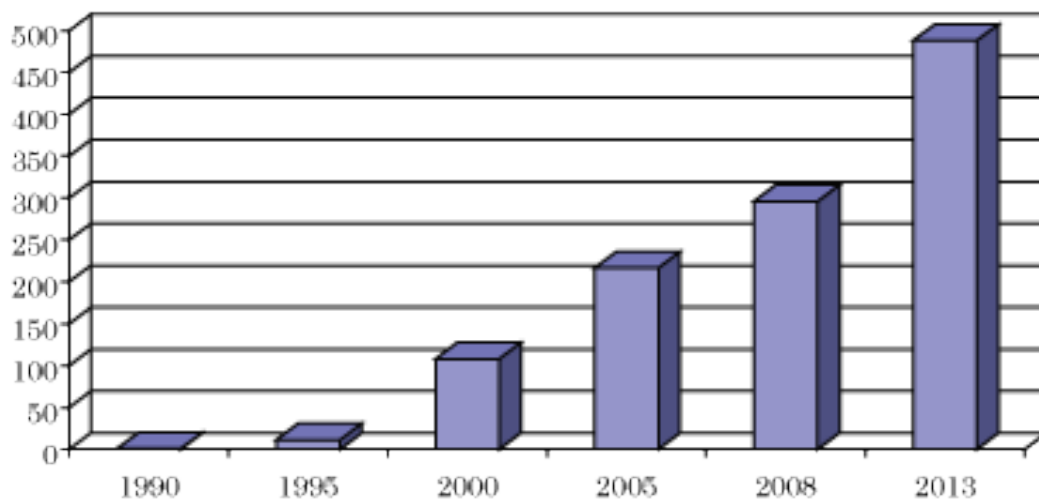


Рисунок 15. Оценочная гистограмма мирового рынка MBR-технологий в 1990-2013 гг. (в миллионах долларов США)

6. Мировой рынок мембранных биореакторов
по версии **компании** Frost & Sullivan

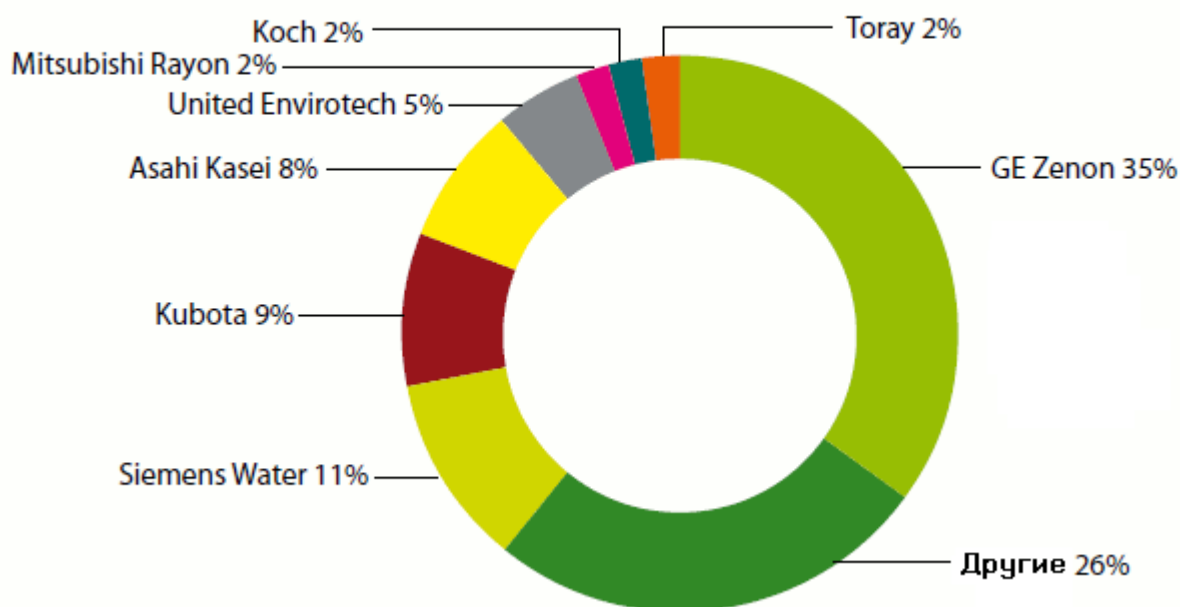


Рисунок 16. Разделение рынка мембранных биореакторов

Эти диаграммы были представлены в докладе компании Frost & Sullivan, касающейся сферы мембранных биореакторов (MBR).

В докладе говорится о том, что мировой рынок MBR будет стоить 566,4 миллионов долларов к 2008 году, и учитывая ежегодный темп роста в 13,9%, он достигнет 1207,9 млн. к 2014. Самый быстрый рост рынка будет наблюдаться на Ближнем Востоке, который будет увеличивать свою долю рынка с 18,5% в 2008 году до 26,4% в 2014 году. Многие из этого будут происходить за счет Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона, которые движутся к стадии стабильного роста и развития. Муниципальный рынок будет расти несколько быстрее, чем промышленный, увеличивая свою долю от 67,2% в 2008 до 72,6% к 2014 году.

Выводы

Альтернативой технологии биологической очистки с многоступенчатой доочисткой и постоянным вводом реагентов является современная мембранно-биологическая технология с использованием мембранного биореактора (MBR).

Мембранные биореакторы - новое поколение биологической очистки сточной воды. Они сочетают в себе процессы микрофильтрации и ультрафильтрации, а также процесс аэробной биологической очистки сточных вод.

В сравнении с классическими биореакторами технология MBR обладает рядом преимуществ. Внедрение технологии мембранных биореакторов обеспечивает:

- повышение эффективности и надежности очистных сооружений;
- повышение производительности очистных сооружений за счет увеличения концентрации активного ила в аэротенках;
- создание компактных очистных сооружений, благодаря замене вторичного отстаивания и фильтрации на фильтрах различного типа на мембранную доочистку;
- снижения объема избыточного активного ила.

Перечень ссылок и источников

1. Saint Petersburg Business Guide. Гид по деловому миру Санкт-Петербурга. <http://www.spbgid.ru/index.php?news=84732>
2. Навчально-методичні матеріали Сумського державний Університету <http://sumdu.telesweet.net/doc/lections/Osnovy-i-ekologii-i-ekonomiki-prirodopolzovaniya/8332/index.html>
3. Википедия. Свободная энциклопедия.
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B2%D0%BE%D0%B4>
4. Технопарк РХТУ им Д.И. Менделеева
<http://enviropark.ru/course/view.php?id=8>
5. НПП Медиана-Эко. Современные технологии очистки промышленных сточных вод и рекуперации отходов
http://www.mediana-eco.ru/information/stoki_biological/bioreactor/
6. Технопарк РХТУ им Д.И. Менделеева. Транснациональный экологический проект
http://www.hydropark.ru/equipment/membrane_bioreactor.htm
7. [Группа компаний "Экополимер"](http://www.ecopolymer.com/2008-07-30-13-37-05/2008-07-30-13-58-56.html)
<http://www.ecopolymer.com/2008-07-30-13-37-05/2008-07-30-13-58-56.html>
8. ООО Научно-инженерный центр «Потенциал – 4»
<http://potential4.com.ua/mbr-tehnologii1.html>
9. BBS Research. Membrane Bioreactors: Global Markets. Susan Hanft. June 2008.
<http://www.bccresearch.com/report/MST047B.html>