

УДК 628.2

Гладкова Е.В., к.т.н., доцент, Демьянова Ю.В., магистр, Николаева А.М., магистр, Кутузов Д.К., магистр

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

В данной статье отражены современные методы очистки сточных вод с применением технологии.

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. 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.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕМБРАННЫЙ БИОРЕАКТОР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ФИЛЬТРЫ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА.

В настоящее время при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод в основном используются традиционные схемы биологических очистных сооружений с теми или иными технологическими вариациями.

Способ отделения очищенной воды от активного ила с помощью отстаивания считался единственно экономически целесообразным методом. Далее следовали фильтры доочистки, без которых достичь надлежащее качество было невозможно. Схемы – аэротенки- вторичные отстойники – доочистка – используются повсеместно, хотя имеют и недостатки:

-активный ил увеличивается в массовом количестве за счет роста бактерий и некоторых видов грибов, что влияет на качество очистки,

- снижается производительность фильтров и пропуск загрязнений из-за обрастания фильтрующей загрузки,
- большая занимаемая площадь,
- обязательное присутствие персонала для контроля технологического процесса.

Процессы очистки сточных вод в воду, свободную от загрязнения и возвращение ее к гидрологическому циклу заложены в одной из самых передовых и динамично развивающихся технологий – технологии мембранного биологического реактора (МБР).

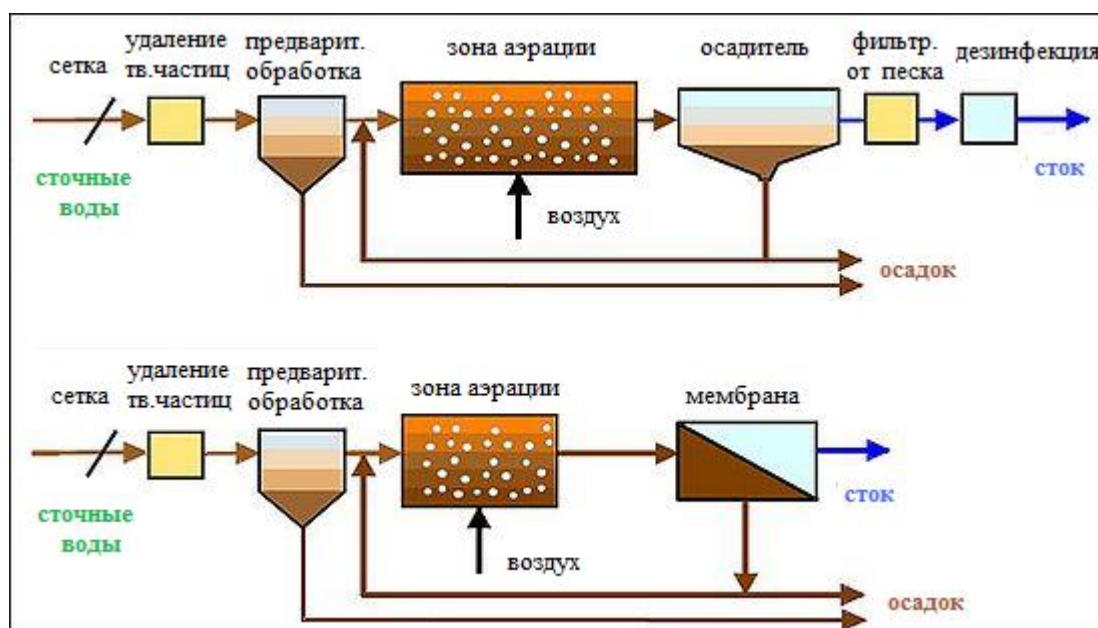


Рисунок 1. Схема обычной очистки с применением активного ила (сверху) и очистки с применением мембранного биореактора (снизу)

Основным 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 применяемому методу осаждения активного ила во вторичных отстойниках.

Мембранный модуль состоит из 10 - 20 кассет с мембранами. В каждой кассете располагаются от 5 до 15 пучков мембранных волокон. Половолоконная мембрана представляет собой полую нить наружным диаметром около 2 мм и длиной до 2 м. Поверхность нити представляет собой ультрафильтрационную мембрану с размером пор 0,03 – 0,1 мкм.

Каждый пучок состоит из 100-1000 мембранных волокон и оборудован общим патрубком отвода фильтрата. Столь малый размер пор является физическим барьером для проникновения организмов активного

ила, имеющих размер более 0,5 мкм, что позволяет полностью отделить активный ил от сточной воды и снизить концентрацию взвешенных веществ в очищенной воде до 1 мг/л и менее.

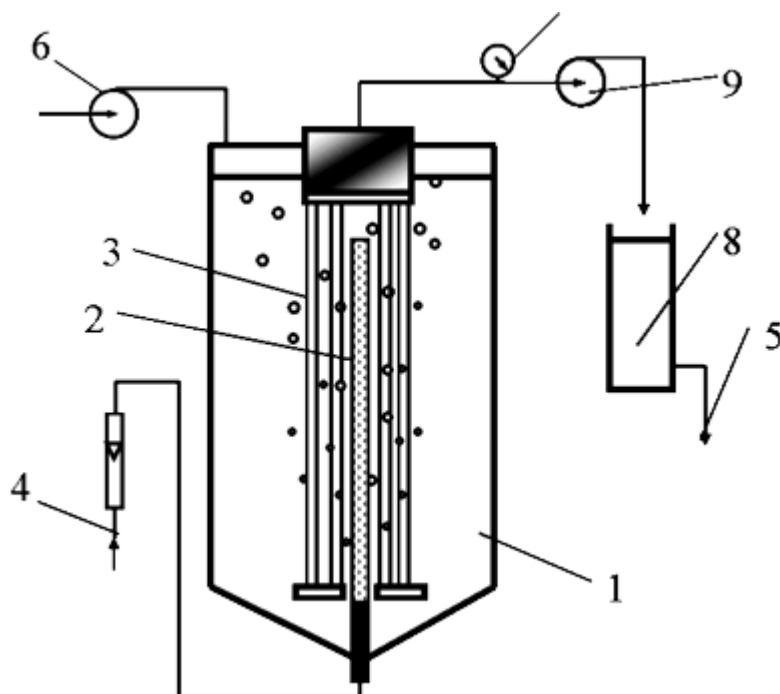


Рис.2. Схема мембранного биореактора: 1 - реактор, 2 - аэратор, 3 - половолоконные мембраны, 4 - воздух, 5 - очищенная вода, 6, 9 - насосы, 7 - манометр, 8 - фильтрат.

Фильтрация происходит под действием вакуума, создаваемого на внутренней поверхности мембранного волокна самовсасывающим насосом фильтрации. При этом смесь сточных вод и активного ила фильтруется через поверхность мембран снаружи вовнутрь.

Очищенная вода поступает по напорным трубопроводам на обеззараживание, а активный ил остается в мембранном резервуаре и поддерживается во взвешенном состоянии с помощью системы аэрации, встроенной в мембранный модуль.

Промышленные мембранные установки должны соответствовать следующим требованиям, 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.

Особенности технологии

Отказ от гравитационного метода разделения иловой смеси позволяет повысить концентрацию активного ила в биореакторе до 10-20 г/л (в обычном аэротенке – до 3 г/л)

Высокие концентрации активного ила позволяют эксплуатировать биореактор в режиме низких нагрузок, что создает резерв окисляющей способности, повышает устойчивость биоценоза активного ила к колебаниям состава сточных вод и пиковым нагрузкам, обеспечивает стабильное качество очистки. С другой стороны, высокие концентрации активного ила многократно повышают окисляющую мощность сооружения в целом, что дает возможность очищать высококонцентрированные сточные воды с содержанием органических веществ по ХПК до 4-5 г/л.

При переходе от гравитационного метода разделения иловой смеси к мембранной фильтрации наблюдаются глубокие изменения в структуре биоценоза активного ила. Возраст ила в МБР обычно составляет 25-30 сут, нередко превышая 60-70 сут. При этом основная часть активного ила представлена медленнорастущей микрофлорой, которая наиболее эффективно разлагает трудноокисляемые органические вещества в сточной воде. Преобладание медленнорастущей микрофлоры позволяет значительно снизить прирост активного ила, и, следовательно, необходимые мощности оборудования по обезвоживанию избыточного активного ила.

Размер хлопьев активного ила в МБР в 5-10 раз меньше, чем в распространенных конструкциях аэротенков. Такая дисперсность активного ила приводит к увеличению площади контакта микроорганизмов со сточными водами, повышая эффективность сорбции активными илом инертных веществ, тяжелых металлов, микрозагрязнителей.

Вследствие того, что поры мембран имеют меньший размер, чем размеры клеток микроорганизмов, в частности, бактерий, в МБР

происходит частичное обеззараживание воды. Эффективность удаления бактерий составляет 99,999%, вирусов – 99,9%. Непосредственно после МБР очищенная вода может быть сразу направлена на повторное использования для непитьевых целей.

Высокие дозы ила позволяют сократить время пребывания сточных вод в сооружении. Как следствие, площадь, занимаемая МБР, в 2-4 раза меньше площади, занимаемой традиционными сооружениями биологической очистки.

Мембранный биореактор позволяет значительно сократить время биологической очистки и соответственно объем сооружения за счет увеличения дозы активного ила с 2-3 г/л до 8-16 г/л, то есть более чем в 5 раз. «Вспухание» ила перестало быть проблемой, потому что размер микроорганизмов активного ила, в том числе нитчатых микроорганизмов, более чем в 5 раз больше размера пор ультрафильтрационных мембран, а стало быть, видовой состав, размер и форма хлопьев активного ила больше не оказывают влияния на эффективность илоотделения.

Кроме того размер пор ультрафильтрационной мембраны (0,01 – 0,1 микрон) обеспечивает 100 % удаление взвешенных веществ и бактерий, а также значительное удаление вирусов и коллоидных соединений.

Мембранный биореактор состоит из определенного количества мембранных модулей (рисунок 3), которые и определяют его производительность.

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 полволоконными мембранами.

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

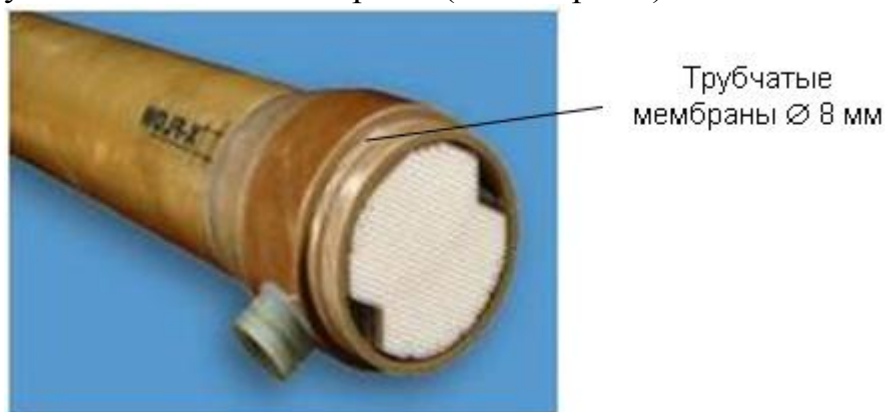


Рис.3..Трубчатые мембраны.

Помимо способности значительно увеличивать дозу активного ила, МБР позволяет увеличить и возраст ила. Если в традиционных очистных сооружениях возраст ила не может превышать 15 суток, поскольку при дальнейшем увеличении возраста ила ухудшаются седиментационные свойства хлопьев и наблюдается вынос ила из вторичных отстойников, то в мембранных биореакторах активный ил может достигать возраста в 30 и более суток.

Во-первых, увеличение возраста ила создает условия, благоприятные для развития медленнорастущей микрофлоры, которая обеспечивает процессы нитрификации сточных вод, а значит, позволяет достичь более стабильного удаления азота.

Во-вторых, возраст ила обратно пропорционален массе избыточного ила, что сокращает объем осадка (отходов) на 30-40%, а значит и расходы на его утилизацию.

Добиться высоких показателей в биологической очистке стоков от соединений азота и фосфора позволяет чередование анаэробных (бескислородных) и аноксидных (бескислородных с наличием ионов нитратов) зон в МБР.

Применяются мембранные биореакторы при очистке сточных вод промышленных предприятий, очистке поверхностные сточных вод, в промышленной очистке воды текстильного производства, при очистке сточных вод молокозаводов и маслосырзаводов, а также сточных вод птицефабрик.

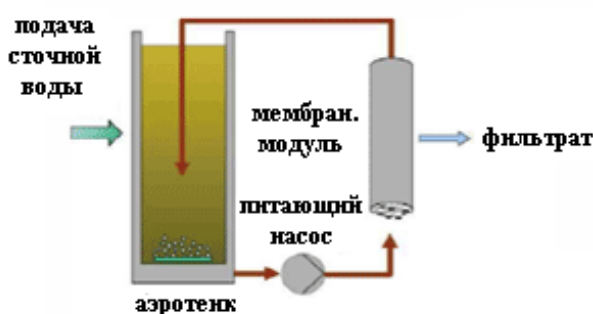


Рисунок 4. Схема мембранного биореактора по версии компании ЗАО «АКВАМЕТОСИНТЕЗ»

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.

Механизм работы.

Механическая очистка от крупных включений сточных вод происходит на щеточных решетках с диаметром отверстий фильтрующего полотна 3-4 мм. Затем фильтрат поступает в первичный отстойник с тонкослойными модулями, где происходит осаждение минеральных и органических веществ, а также удаление фосфатов реагентным способом.

Далее следуют этапы биологической очистки в аэротенке и камере мембранного модуля с 3-х 4-х кратной рециркуляцией иловой смеси. Разделение частиц ила и очищенной сточной воды происходит на мембранных модулях.

Наиболее распространенной и надежной в эксплуатации конструкцией мембранных модулей является полуволоконная конфигурация ультрафильтрационных мембран. Мембраны в такой конструкции выполнены в виде полых гибких волокон длиной до 2,5 метров с внешним диаметром 2,5 мм и внутренним диаметром около 1,5 мм. Во внутренней полости мембранного волокна с помощью вакуумного или самовсасывающего насоса создается отрицательное давление (вакуум). В результате разницы давлений на внешней и внутренней поверхности волокна происходит всасывание иловой смеси снаружи вовнутрь волокна. Далее фильтрат отводится по внутренней поверхности мембранного волокна и поступает во всасывающий трубопровод насоса, создающего отрицательное давление.

Мембранные волокна komponуются в пучки, соединенные в нижней части с патрубком отвода фильтрата. Внутри каждого пучка установлен крупнопузырчатый аэратор. Пузырьки воздуха, подаваемые аэратором, насыщают иловую смесь кислородом, что создает благоприятные условия для биологической очистки, а также обеспечивают сбивание и отвод отложений с внешней поверхности волокон. Пучки объединены в кассеты, которые, в свою очередь, объединяют в модули. За счет большой удельной поверхности мембранных волокон, площадь фильтрации модуля, занимающего не более 4 куб м, составляет более 500 кв м.

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.

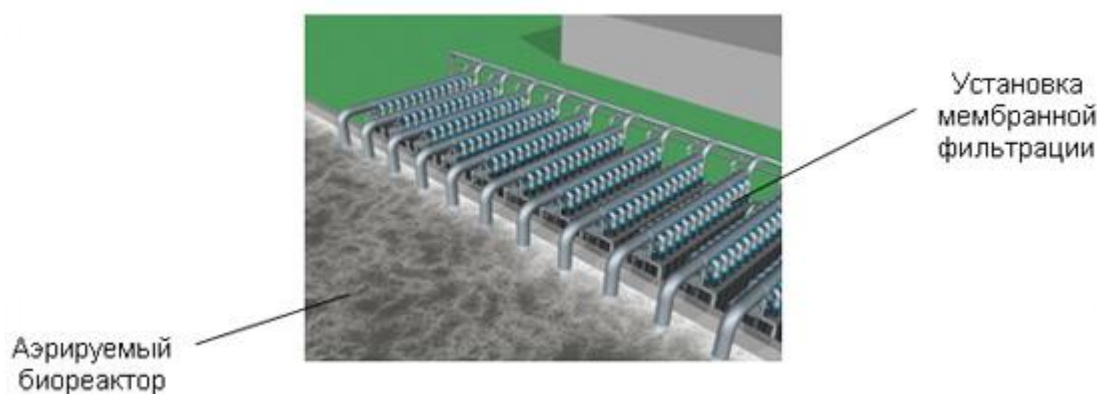


Рисунок 5. Мембранный биореактор

Выводы

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

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 МБР 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.

Список литературы:

1. Saint Petersburg Business Guide. Гид по деловому миру Санкт-Петербурга. <http://www.spbgid.ru/index.php?news=84732>
2. Начально-методический материал Сумского Университета. <http://sumdu.telesweet.net/doc/lections/Osnovyi-ekologii-i-ekonomiki-prirodopolzovaniya/8332/index.html>
3. Википедия. Свободная энциклопедия.
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>
8. ООО Научно-инженерный центр «Потенциал – 4». <http://potential4.com.ua/mbr-tehnologii1.html>