

Раздел второй ОХРАНА ВОДНОГО БАСЕЙНА ОТ СБРОСОВ

2.3. Очистка промышленных и поверхностных сточных вод энергопредприятий

2.3.1. Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод энергопредприятий

2.3.1.5. Биологическая очистка сточных вод

Ксенофонтов Б.С., МГТУ

Наиболее широко распространенным способом очистки сточных вод является биологический, который известен уже более 100 лет. В современных способах биологической очистки использованы, по существу, все известные метаболические особенности микроорганизмов.

После механической и, возможно, физико-химической очистки сточную воду смешивают с активным илом, представляющим собой сложное сообщество микроорганизмов различных систематических групп: бактерий, актиномицетов, простейших, грибов, водорослей и др. Смешивание осуществляют в специальных сооружениях — аэротенках, представляющих собой открытые резервуары достаточно большой вместимости с расположенными в них аэраторами барботажного, механического, струйного или другого типа (рис. 2.19).

В результате достаточно длительного контактирования (в течение 10...36 ч) микроорганизмов с водой в условиях аэрации воздухом происходит биоразложение органических примесей, не удаленных на предыдущих стадиях очистки.

Кратко рассмотрим особенности биохимического окисления некоторых веществ, в частности углеводов, спиртов, альдегидов и кетонов.

Первичные спирты до C_{10} окисляются достаточно легко, при числе углеродных атомов 16 окисление незначительно, а при C_{18} — почти невозможно. Сравнение степени окисления спиртов с соответствующими алканами показывает, что введение ОН-группы увеличивает способность к окислению. Вторичные спирты окисляются в меньшей степени, чем первичные, а расположение ОН-группы у третьего и четвертого атома углерода дает почти тот же эффект, что и у второго.

Спирты окисляются множеством бактерий с преобладанием в активных илах, как правило, псевдомонад.

Окисление спиртов может протекать разными путями, например:

первичный спирт — альдегид — кислота —
 $CO_2 + H_2O$

или

вторичный спирт — кетон — кислота —
 $CO_2 + H_2O$.

Альдегиды окисляются легко, но несколько хуже, чем соответствующие первичные спирты. Наиболее легко происходит окисление альдегидов C_2 — C_5 , при дальнейшем увеличении числа атомов углерода степень окисления снижается. Формальдегид токсичен, но при адаптации культуры может быть окислен. Разветвление углеродной цепи снижает способность альдегидов к биокислению.

Кетоны более устойчивы к окислению, чем альдегиды, что обуславливается характером присоединения карбонильной группы. Отмечено, что введение второй карбонильной группы делает вещество токсичным для микроорганизмов, а введение гидроксильной группы повышает степень биоокисления.

Следует подчеркнуть, что разработка теории взаимосвязи химической структуры органических веществ и их биологического окисления только начинается и проходит стадию накопления достоверных результатов теоретических и экспериментальных исследований. Сложность решения проблемы объясняется тем, что закономерности, отражающие биохимический распад различных органических веществ, обусловлены не только химическим строением вещества, но и другими факторами, в том числе и физико-химическими и биологическими.

Биологически очищенную воду направляют далее в отстойники для отделения активного ила от воды. При этом количество микробной биомассы активного ила увеличивается. Избыточный активный ил из отстойников поступает в технологическую линию утилизации, а остаточная часть ила возвращается в аэротенк.



Рис. 2.19. Общий вид аэротенка

При биологической очистке сточных вод важно создать аэробные условия для функционирования микроорганизмов активного ила. В этом плане флотация для отделения микроорганизмов активного ила имеет существенное преимущество перед другими способами, например отстаиванием. При отделении биомассы активного ила от воды флотацией микроорганизмы продолжают находиться в аэробных условиях. При этом происходят биохимические процессы, способствующие доутилизации субстрата, потребленного из сточных вод микроорганизмами активного ила. Известно, что процесс флотационного уплотнения продолжается 1,5...3,0 ч, иногда и дольше. В течение этого периода происходит, по крайней мере, частичная доутилизация субстрата. Для интенсификации биохимических процессов в клетках микроорганизмов сфлотированного активного ила вводят дополнительное количество воздуха в слой пены. В результате не только подводится дополнительное количество кислорода, но и происходит коалесценция пузырьков воздуха, способствующая изменению кратности пены. Это, в конечном счете, уменьшает ее объем и утоньшает прослойки жидкости между пузырьками воздуха, находящимися в пенном слое.

Проведение регенерации активного ила в условиях пенного слоя особенно эффективно при флотации озоном или воздушной смесью, обогащенной кислородом. В этом случае увеличивается движущая сила массопередачи, что также позволяет интенсифицировать доутилизацию субстрата, поглощенного клетками микроорганизмов активного ила.

Устройства для биологической очистки сточных вод

Сооружения биологической очистки в естественных условиях подразделяют на поля орошения и фильтрации и биологические пруды. На полях фильтрации сточная вода проходит через слой почвы, содержащий в большом количестве аэробные бактерии, получающие кислород из воздуха. В процессе фильтрации через слой почвы органические загрязнения сточных вод задерживаются в нем. При этом образуется биологическая пленка с большим количеством микроорганизмов различных видов. Задержанные на биопленке органические вещества окисляются аэробными микроорганизмами до минеральных соединений. Эти процессы наиболее интенсивно происходят в почве на глубине 0,1...0,4 м. В результате биохимических процессов углерод органических веществ превращается в углекислоту, а азот аммонийных солей превращается в нитраты и нитриты.

В искусственных условиях наиболее часто применяют аэротенки, а также биофильтры. Обычно аэротенк — это большой резервуар прямоугольного сечения, по которому медленно протекает сточная вода вместе с активным илом. С помощью пневматических или механических устройств смесь воды и активного ила барботируют воздухом, насыщая ее при этом кислородом. Все это обеспечивает интенсивное окисление органических веществ. На рис. 2.20 изображен так называемый трехкоридорный аэротенк, принцип работы которого заключается в следующем.

Очищаемая вода с активным илом «змейкой» движется по коридорам аэротенка. Скорость движения выбирается из расчета времени пребывания сточных вод в аэротенке 6...30 ч в зависимости от требуемой степени очистки. Процесс очистки сточных вод в аэротенке условно можно разделить на три стадии. После смешения

сточных вод с активным илом на поверхности его микроорганизмов происходят адсорбция загрязнений и их окисление. На этой, первой, стадии за 1...3 ч биологическое потребление кислорода (БПК) сточных вод снижается на 50...75 %. На второй стадии окисляются трудноокисляемые загрязнения. Скорость потребления кислорода на этой стадии меньше, чем на первой. На третьей стадии происходит процесс барботажной сточной воды с доутилизацией загрязнений. Очищенная вода из аэротенков направляется во вторичный отстойник, называемый так потому, что перед аэротенком вода проходит очистку в первичном отстойнике. Во вторичном отстойнике происходит отделение активного ила от воды за счет осаждения его микроорганизмов в виде хлопьев. Следует отметить, что в процессе окисления органических веществ размножаются аэробные микроорганизмы, и биомасса активного ила (или, как еще ее иногда называют, микробная биомасса) увеличивается, поэтому часть активного ила возвращают в аэротенк (циркуляционный активный ил), а часть (избыточный активный ил) направляют на обезвоживание. Казалось бы, простое дело — удалить воду из биомассы активного ила. Однако эта технологическая стадия и в настоящее время полностью не решена, хотя существует несколько способов обезвоживания суспензии активного ила.

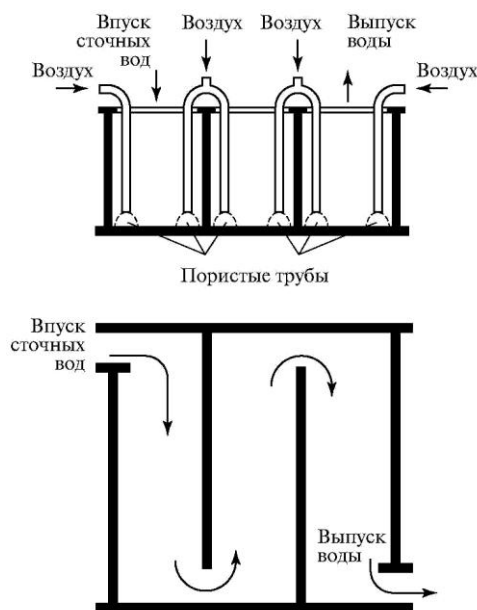


Рис. 2.20. Разрез и план трехкоридорного аэротенка

Представляет интерес процесс барботажной сточной воды. При аэрации воды в сооружениях большого объема это весьма важно: необходимо диспергировать воздух до мельчайших пузырьков, чтобы барботаж равномерно осуществлялся по всему объему жидкости и была возможность подачи достаточно большого количества воздуха через пористые трубы или другие устройства, служащие для этого.

В практике очистки воды получили достаточно широкое применение аэротенки с пневматической аэрацией, воздух в которые подают по металлическим трубам и распределяют через дырчатые трубы или фильтры — отрезки трубы длиной около 1 м (рис. 2.21). Фильтры стыкуют и швы заделывают цементным раствором, чтобы воздух проходил через те мельчайшие отверстия (около 1 мм), которые имеются в стенках фильтров. Воздух, проходя через них, диспергируется, т.е. дробится на ма-

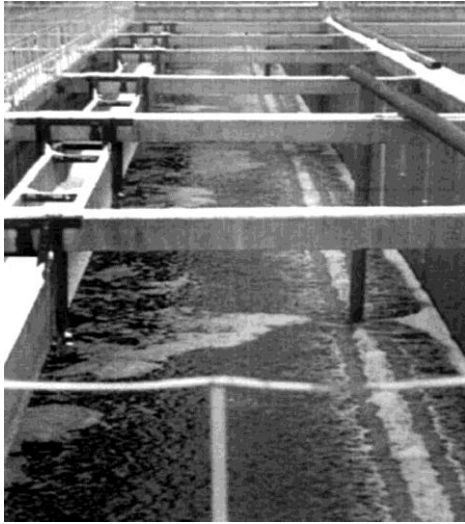


Рис. 2.21. Аэротенк с пневматической системой аэрации

ленькие пузырьки, которые, правда, при движении вверх иногда объединяются, или, как говорят специалисты, коалесцируют. И тогда уже наряду с малыми пузырьками появляются и большие размером 5...20 мм, что приводит к меньшему использованию кислорода воздуха.

В последнее время в таких аэротенках применяют так называемые тарельчатые (дисковые) аэраторы с упругими перфорированными мембранами или трубчатые перфорированные аэраторы.

Достоинствами аэротенков с пневматической аэрацией являются простота устройства, небольшие энергетические затраты на аэрацию жидкости.

Недостатками же таких систем аэрации являются достаточно большие по размеру пузыри воздуха, а также

необходимость в нагнетательных системах (воздуходувках).

Рассмотрим механизм запуска в работу аэротенка. Его заполняют водой, которую барботируют воздухом через устройства, рассмотренные ранее. Далее в воду вносят определенное количество активного ила. При этом можно воспользоваться готовым активным илом из нормально работающих аэротенков, а можно получить активный ил из речного или прудового ила, не загрязненного нефтепродуктами. Этот ил до использования в аэротенке освобождается от тяжелых минеральных примесей отстаиванием, затем аэрируется и направляется в аэротенк.

В нормально работающем аэротенке активный ил включает в себя, кроме зооглейных скоплений бактерий, в небольшом количестве инфузории, коловратки, червей. При нарушении нормальных условий работы аэротенка в нем развиваются нитчатые бактерии, ветвистая зооглея, водные грибы и т.д. Микроорганизмы вызывают так называемое вспухание активного ила, из-за чего ил очень плохо оседает при отстаивании.

Причинами вспухания ила являются перегрузка аэротенков загрязнениями, наличие большого количества углеродов в исходных сточных водах, недостаточное снабжение воздухом, низкое значение рН воды в аэротенке. Для борьбы с этим явлением уменьшают нагрузку загрязнений на аэротенк, или увеличивают количество подаваемого воздуха, или временно повышают рН до 8,5...9,5 и используют другие технологические приемы.

При очистке сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества, в аэротенках образуется большое количество пены. Борьба с ней осуществляется путем периодического или постоянного орошения поверхности аэротенков очищенной водой.