

5.2.6. Влияние физико-химических и гидродинамических факторов на скорость биохимического окисления органических веществ

Основные факторы влияющие на продолжительность процесса биохимического окисления органических веществ

- Концентрации поступающих загрязняющих веществ;
- Необходимая степень очистки сточных вод;
- Химическая природа загрязняющих веществ;
- Количество микроорганизмов, находящихся в сооружении биохимической очистки сточных вод;
- Условия обитания микроорганизмов.

Доза активного ила

Массовая концентрация микроорганизмов активного ила, поддерживаемая в сооружении биохимической очистки сточных вод.

Зависит от величины илового индекса, характеризующего способность активного ила к осаждению и представляющего собой объем, занимаемый единицей массы ила в спокойном состоянии. При прочих равных условиях, чем меньше иловый индекс, тем большую дозу активного ила можно поддерживать в сооружении.

Однако, необходимо учитывать, что прямая пропорция между дозой ила и скоростью биохимического окисления не сохраняется при высоких концентрациях биомассы, а именно, интенсивность потребления органических веществ уменьшается с повышением начальной дозы ила, что связано с ухудшением условий питания отдельных бактериальных клеток.

Основные характеристики условий обитания микроорганизмов

- Гидродинамические условия;
- Химические условия;
- Температурные условия.

Гидродинамические условия

В основном определяются режимом движения воды в сооружении. При этом, чем выше степень турбулентности потока сточных вод, тем более благоприятные условия обитания микроорганизмов. В этом случае обеспечивается интенсивный обмен среды обитания (обеспечивается приток продуктов питания, отвод токсичных продуктов обмена веществ, улучшаются условия снабжения кислородом).

Химические условия

Наиболее важными из них являются:

- Концентрация растворенного кислорода;
- Концентрации биогенных веществ;
- Активная реакция среды;
- Концентрации тяжелых металлов;
- Степень минерализации сточных вод;
- Концентрации токсичных органических веществ.

Концентрация растворенного кислорода

Скорость растворения кислорода в сточной воде должна быть не ниже скорости его потребления микроорганизмами. В противном случае может наблюдаться временное или местное исчерпание кислорода, что вызовет нарушения обмена веществ в бактериальных клетках и, соответственно, снижение скорости окисления органических веществ. При этом следует учесть, что скорость потребления кислорода микроорганизмами, не зависит от его концентрации, если последняя выше некоторого критического значения. Такая критическая концентрация зависит от размера хлопьев активного ила и, как правило, составляет 1...2 мг/л. В то же время, снижение концентрации кислорода ниже определенного критического значения приводит к снижению скорости его потребления, которая, в этом случае становится функцией от концентрации кислорода.

Концентрация растворенного кислорода (продолжение)

Анализ результатов расчетов по уравнению Михаэлиса-Ментен показал, что при концентрации кислорода 2 мг/л и более скорость его потребления асимптотически приближается к максимально возможной. Это обстоятельство свидетельствует о нецелесообразности поддержания его высоких концентраций. Снижение концентрации ниже 0,5 мг/л приводит к резкому снижению скорости потребления кислорода. Учитывая, что содержащиеся в активном иле микроорганизмы различаются по скорости потребления кислорода, а также, учитывая возможность образования крупных хлопьев активного ила, концентрацию растворенного кислорода рекомендуется поддерживать в пределах 1...2 мг/л.

Концентрация растворенного кислорода (продолжение)

Низкие концентрации кислорода сказываются на глубине очистки сточных вод, т.к. в этом случае лишь незначительная часть углерода окисляется и преобразуется в вещество клетки, а большая его часть остается в сточной воде в виде продуктов обмена. При этом, чем меньше было кислорода, тем более восстановленными оказываются означенные продукты.

Концентрация биогенных элементов

Наиболее важными из них являются: азот, фосфор и калий. Кроме того, необходимы магний, кальций, сера, железо и др., но их количество должно быть незначительным и их как, правило, достаточно в сточных водах. Отсутствие биогенных элементов приводит к ухудшению физических и биохимических свойств активного ила.

Указанные элементы легко усваиваются микроорганизмами, когда находятся в соединениях, аналогичных протоплазма клеток (например, азот – в виде аммонийной группы, фосфор – в виде фосфатов).

Недостаточное количество биогенных элементов сдерживает биохимическое окисление органических веществ. Прирост биомассы возможен только после поступления этих веществ, которое будет наблюдаться в данном случае в результате отмирания бактериальных клеток. При этом, чем выше доза активного ила, тем дольше система может выдерживать отсутствие биогенных элементов. Однако, длительный по времени недостаток азота и фосфора, кроме снижения скорости биохимического окисления, приводит к увеличению илового индекса и, следовательно, к формированию плохо оседающего активного ила.

Концентрация биогенных элементов (продолжение)

Необходимое количество биогенных элементов следует определять в каждом конкретном случае экспериментально. При отсутствии экспериментальных данных для ориентировочных расчетов можно использовать соотношение:

$$БПК : N : P = 100 : 5 : 1$$

Полученные при этом результаты необходимо уточнять в процессе эксплуатации очистных сооружений.

В случае недостатка биогенных элементов следует предусматривать их искусственное введение в сточную воду в виде растворов азотных, фосфорных и калийных удобрений.

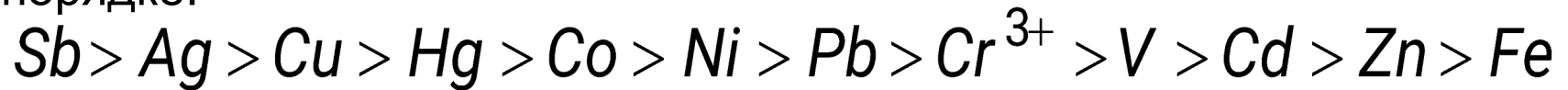
Активная реакция среды

Наиболее эффективное действие микроорганизмов наблюдается при $\text{pH} = 6,5 \dots 8,0$, в некоторых случаях при $\text{pH} = 5,0 \dots 9,0$. За этими пределами эффективность очистки сточных вод резко падает, что объясняется влиянием активной реакции среды на ход ферментативных реакций, протекающих в бактериальных клетках.

Активный ил способен к саморегуляции pH . Однако эта способность постепенно уменьшается, когда pH находится в интервалах ниже $4 \dots 5$ и выше 9 .

Концентрации тяжелых металлов

Наличие тяжелых металлов в сточных водах приводит к снижению скорости окисления органических веществ, что, в первую очередь, связано с их аккумулярованием в активном иле, сопровождающемся образованием комплексов «ион металла – белок активного ила». По степени токсичности эти металлы можно расположить в следующем порядке:



В соответствии с этим для них установлены ПДК. Но величины ПДК не являются объективным показателем. Поэтому более правильно использовать такой показатель как удельная нагрузка на активный ил по данным веществам. На степень влияния металлов на процесс очистки сточных вод существенное влияние оказывают величина рН, температура, вид сопутствующих веществ, степень адаптированности микроорганизмов и др. факторы.

В процессе очистки сточных вод содержание металлов снижается, примерно, на 75% из-за их сорбции активным илом и удаления его избытка.

Кроме того, нежелательным последствием наличия в сточных водах тяжелых металлов является вспухание активного ила из-за интенсивного развития нитчатых форм бактерий.

Степень минерализации

На процесс очистки сточных вод отрицательное влияние может оказывать повышенная их минерализация, обусловленная преимущественно хлоридами. Содержание солей должно быть не более 20 г/л, за исключением хлорида магния (его содержание должно быть не более 10 г/л). Особое значение при очистке таких стоков имеет степень адаптированности микроорганизмов к высоким концентрациям солей. Низкие нагрузки и высокие дозы активного ила, а также плавное повышение минерализации очищаемых сточных вод, сглаживают влияние солей на эффективность очистки. При этом качество очистки ухудшается в следствие снижения способности активного ила к флокуляции. В результате наблюдается повышение БПК очищенной воды и концентрации взвешенных веществ в ней. Поэтому вторичные отстойники рекомендуется проектировать в таких условиях на нагрузку в 2 раза меньшую, чем в обычных условиях.

Концентрация токсичных органических веществ

Токсичные органические вещества могут усваиваться микроорганизмами и служить источниками углерода и энергии, если их концентрации в сточной воде не превышают ПДК. Токсичное действие этих веществ сказывается, как правило, при концентрациях значительно более высоких, чем солей тяжелых металлов.

Температурные условия

В зависимости от температурных границ обитания микроорганизмов активные илы подразделяют на:

- Психрофильные (температурные границы – $0...30^{\circ}\text{C}$, оптимальная температура – около 20°C);
- Мезофильные (температурные границы - $3...45^{\circ}\text{C}$, оптимальная температура – $20...35^{\circ}\text{C}$);
- Термофильные (температурные границы – до 80°C , оптимальная температура – $30...60^{\circ}\text{C}$).

Для большинства илов оптимальной температурой является интервал $20...30^{\circ}\text{C}$.

Превышение температуры за верхнюю границу обитания приводит к гибели микроорганизмов, а понижение температуры за нижнюю границу менее опасно и приводит к временному прекращению жизнедеятельности. Особенно неблагоприятными являются резкие и значительные по величине колебания температуры, т.к. в этом случае микроорганизмы не успевают адаптироваться к новым условиям обитания. Адаптацию активных илов к высоким температурам следует производить постепенно, увеличивая температуру среды свыше 30°C на 2°C через две – три недели.

Температурные условия (продолжение)

Такое повышение температуры способствует снижению выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников в следствие уменьшения вязкости воды.

Низкие температуры приводят к следующим нежелательным последствиям:

- Ухудшение процесса нитрификации;
- Увеличение доли беззольного вещества в активном иле;
- Ухудшение процесса флокуляции и повышение илового индекса, результатом чего является повышенный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников.

Отрицательное влияние неблагоприятного температурного режима усиливается при отклонениях РН от оптимальных значений.

Совместное действие факторов среды обитания

Совместное действие перечисленных выше факторов среды обитания на процессы жизнедеятельности может иметь различный характер:

- Их действие может суммироваться, если они воздействуют на одну и ту же ферментативную реакцию;
- Их действия протекают параллельно, если они воздействуют на разные ферментативные реакции. При этом, лимитирующим будет тот фактор, который определяет самую медленную ферментативную реакцию в данных условиях.

Характеристика процесса адаптации активного ила

В большинстве случаев процесс очистки сточных вод нарушается только в начальный период изменения условий обитания микроорганизмов, а затем восстанавливается в результате процессов адаптации. Длительность этих процессов в каждом конкретном случае будет различной. В общем случае процесс адаптации можно разделить на следующие фазы:

- Скрытая фаза (эффективность очистки и состав активного ила не изменяются);
- Фаза резкого снижения эффекта очистки и изменения состава ила (особенно существенно изменяется состав простейших);
- Фаза возрастания эффективности очистки;
- Фаза окончательной стабилизации эффекта очистки и состава активного ила.

Регенерация активного ила

Восстановление сорбционной способности активного ила, осуществляемое в специальном сооружении – регенераторе.

Позволяет увеличить производительность очистных сооружений в следствие:

- Окисления в регенераторе скоагулированных нерастворенных органических веществ при дозе активного ила в 3...4 раза большей, чем в основных сооружениях;
- Увеличения в составе активного ила доли жизнеспособных микроорганизмов;
- Отмирания в регенераторе развивающихся в активном иле при высоких нагрузках бактерий, препятствующих его оседанию во вторичных отстойниках и, соответственно, снижающих допустимую рабочую дозу.

Основной причиной следует считать вторую.

Регенерация активного ила (продолжение)

Контроль процесса регенерации осуществляется по интенсивности потребления кислорода активным илом. Об его окончании свидетельствует установление постоянной скорости потребления кислорода.

При выборе режима регенерации следует учитывать, что длительный период регенерации приводит к гибели бактериальных клеток и, следовательно, к снижению способности активного ила извлекать органические вещества из сточной воды.