

$D$  – протяженность корней в почвенном монолите, мм.

При  $l < 31$  мм для почвогрунта слоем 30 см размыва почвы не наблюдалось.

Таким образом, система защитных лесных насаждений, обеспечивающая длительную полную защиту сельскохозяйственных угодий, способствует улучшению экологических условий для выращивания культур. Кроме того, лесная растительность в ландшафте выполняет и санитарно-гигиенические и рекреационные функции. Такие породы, как дуб, ясень, ольха серая способны адсорбировать многие химические вещества, а хвойные породы – озонировать воздух. Поэтому создание новых насаждений, сохранение существующих посадок как геохимических барьеров является необходимым условием формирования полноценного культурного лесохозяйственного ландшафта.

УДК 628.3

*Яромский В.Н., Яковчиц М.В.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В ПУЛЬСАЦИОННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

В настоящее время одним из главных инженерно-технических направлений деятельности предприятий молочной промышленности является внедрение эффективных систем очистки сточных вод [1].

Возникла необходимость в создании интенсивно работающих локальных очистных сооружений, позволяющих снижать концентрацию загрязнений сточных вод молокоперерабатывающих предприятий до предельно-допустимых норм сброса в городскую канализацию.

Важное место среди существующих методов очистки занимает биологическая очистка, которая широко используется при обработке промышленных и бытовых стоков. Этот метод является эффективным и надежным в санитарном отношении. Наиболее широкое распространение получили методы аэробной очистки. Биологическая аэробная очистка сточных вод предполагает использование способности микроорганизмов к разложению органических веществ.

Биологическое окисление составляет основу этого процесса и является следствием протекания большого комплекса взаимосвязанных процессов различной сложности. На скорость биологического окисления оказывает влияние множество факторов: концентрация загрязнения (субстрата)  $S_0$ , концентрация микроорганизмов  $X$ , температура, давление, рН, концентрация растворенного кислорода и ряд других параметров.

Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий характеризуются высокими концентрациями загрязнений по органическим веществам, поэтому микроорганизмы, участвующие в процессе аэробной биологической очистки должны быть адаптированы к данным условиям. Скорость окисления к моменту завершения адаптационной перестройки микроорганизмов оказывается прямо пропорциональной начальной концентрации субстрата [2]. Основную роль в процессе аэробной биохимической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий играют кислотолюбивые бактерии.

При больших значениях концентрации загрязнения в очищенной воде  $S_e$ , а соответственно и  $S_0$  – исходной концентрации загрязнения, в реакторе происходит “насыщение”

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. – М.: «Наука», 1980, с. 277.
2. Орловский В.Б., Поджаров В.К., Воробьев В.Н. Защитное лесоразведение в Беларуси. – Мн.: «Урожай», 1980, с. 135.
3. Долгилевич М.И., Химица Н.Т. Агродинамические и почвозащитные свойства лесных полос из разного чмсла рядов при различном направлении ветра. – Бюллетень ВНИИЛМИ, вып. 3 (19), Волгоград, 1975, с. 3-9.
4. Павловский Е.С. Экологические и социальные проблемы агролесомелиорации. – М.: Агропромиздат, 1988, с. 182.
5. Химин П.Ф., Баданов А.П. К вопросу характеристики почвоскрепляющей роли насаждений. Сборник трудов Воронежского ЛТИ, т. XXXIII. – М.: «Лесная промышленность», 1971, с. 136-139.

микроорганизмов наиболее широко представленными компонентами субстрата-загрязнителя [3]. Для производственных сточных вод молокоперерабатывающих заводов параметры локальных очистных сооружений таковы, что величина  $S_e$  оказывается близкой к “насыщению”. В случае величины  $S_e$  близкой к “насыщению” спектр “перерабатываемых” соединений смещается в сторону легкоокисляемых. При этом скорость очистки значительно зависит от концентрации микроорганизмов  $X$  и температуры, кроме того она может лимитироваться концентрацией растворенного кислорода [3].

В сооружениях биологической очистки поддерживается определенная концентрация микроорганизмов  $X$ , существующих либо в виде взвешенных частиц активного ила (аэротенки), либо в виде биопленки, прикрепленной к поверхности загрузки (биофильтры). Для биопленки  $X$  будет пропорциональна удельной площади поверхности загрузки в реакторе (площадь поверхности, отнесенная к единице объема реактора). Использование комбинированных сооружений позволяет повысить их окислительную мощность.

Все жизненные функции микроорганизмов зависят от температуры окружающей среды. Температура определяет не только интенсивность, но и возможность развития микроорганизмов. Реакция микроорганизмов на изменение температуры окружающей их среды имеет очень большое значение при очистке производственных сточных вод. Температура сточных вод молокоперерабатывающих предприятий составляет в среднем 23 °С. Для большинства бактерий, участвующих в процессе аэробной очистки, оптимальной является температура 20-25 °С, для некоторых 30 °С и выше. При повышении определенного уровня температуры способность микроорганизмов к разложению загрязнений снижается. Изменение температуры влияет также на другие параметры процесса очистки – растворимость кислорода, вязкость, осмотическое давление [4].

Величина рН среды оказывает большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов, что объясняется влиянием активной реакции на ход ферментативных процессов в клетке, а также на проницаемость клеточных мембран [5]. Для

*Яковчиц Михаил Владимирович. Аспирант каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

большинства бактерий благоприятна нейтральная или слабощелочная реакция среды (6,5-8,5), для дрожжей и плесневых грибов - слабокислая. Большинство исследователей [4,6] отмечают максимальную скорость окисления загрязнений городских и промышленных сточных вод при pH равном 7-7,5.

В [7] было показано, что лимитирующая концентрация растворенного кислорода возрастает пропорционально величине  $S_e$ . Поэтому в случае высоких значений  $S_e$  увеличение содержания кислорода в реакторе может существенно увеличить скорость очистки [3].

Согласно [8] скорость изъятия субстрата характеризуется выражением:

$$\frac{dS}{d\tau} = -k_0 \cdot \gamma \cdot S_e, \quad (1)$$

$\gamma$  – множитель, характеризующий абсолютное снижение

концентрации загрязнения,  $\gamma = \frac{S_e}{S_0}$ ;

$k_0$  – константа скорости изъятия  $c^{-1}$ .

При такой интерпретации уравнения скорости окисления определяющей величиной является  $k_0$ , которая характеризует активность взаимодействия между микрофлорой и субстратом.

С другой стороны, максимальная скорость окисления ограничена скоростью поступления в систему кислорода:

$$\frac{dS}{d\tau} \leq -\beta_{об} \cdot (c^* - c) \cdot \frac{1}{\psi}, \quad (2)$$

$\beta_{об}$  – объемный коэффициент массопередачи (количество кислорода, переходящее в единицу объема жидкости за единицу времени);

$\psi$  – потребление кислорода на изъятие 1 кгБПК<sub>5</sub>,

$$\psi = \frac{dq}{dS}.$$

В начальный момент времени, при  $\tau = 0$ ,  $S_e = S_0$  и  $\gamma = 1$

$$\left(\frac{dS}{d\tau}\right)_0 = -\frac{\beta_{об} \cdot c^*}{\psi_0}, \text{ следовательно}$$

$$k_0 = \frac{\beta_{об} \cdot c^*}{\varphi_0 \cdot S_0}. \quad (3)$$

Таким образом, константа скорости окисления полностью определяется интенсивностью массопередачи и концентрацией субстрата  $S_0$ .

УДК 628.353

**Яромский В.Н., Головач Т.И.**

## К РАСЧЕТУ БЕЗНАПОРНЫХ ГИДРОЦИКЛОНОВ

Одним из наиболее важных направлений при исследовании работы безнапорных гидроциклонов является повышение эффективности очистки сточных вод, то есть повышение эффективности разделение суспензий в циклоне. Разделение суспензий в открытом гидроциклоне является сложным процессом, на который оказывают влияние много факторов. Так, на взвешенную частицу, движущуюся в потоке воды, которая

совершает вращательно-поступательное движение в открытом гидроциклоне, действуют следующие силы:

совершает вращательно-поступательное движение в открытом гидроциклоне, действуют следующие силы:

совершает вращательно-поступательное движение в открытом гидроциклоне, действуют следующие силы:

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.Н.Яромский. Безотходная система очистки сточных вод при обработке осадка молокоперерабатывающих предприятий. Материалы третьей научно-технической конференции, Гродно, 1999. - с. 91-95.
2. М.А.Евильевич, Л.Н.Брагинский. Оптимизация биохимической очистки сточных вод. Л.: Стройиздат, 1980. – 160 с.
3. В.А.Вавилин. Обобщенная модель аэробной биологической очистки. // Водные ресурсы. №4, 1982. - с. 136-146.
4. Ц.И.Роговская. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. М.: Стройиздат, 1967. – 140 с.
5. Т.А.Святенко, И.В.Скидров. Усовершенствование технологии биологической очистки сточных вод. // Водоснабжение и санитарная техника №4, 1991. - с. 21-22.
6. С.В. Яковлев, Т.А.Карюхина. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
7. В.А.Вавилин, В.Б.Васильев. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1979. – 233 с.
8. Л.Н.Брагинский, М.А.Евильевич, В.И.Бегачев и др. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод. Л.: Химия, 1980. – 144 с.
9. В.Н. Яромский, М.В. Якович. Применение пульсационных биореакторов для очистки производственных и сточных вод. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития городского водного хозяйства», г. Новополоцк, 2001.
10. В.М.Рамм. Адсорбция газов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Химия, 1976. - 656 с.
11. Б.П.Ленский, В.Д.Климухин. Массообменные свойства биофильтров с различными нагрузками // Химия и технология воды. №6, 1992. - с.469-475.

**Головач Татьяна Ивановна.** Ассистент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.  
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.