

## Существующие модели и методы расчета процессов очистки на установках малой производительности

*А.Я.Олейник, Киевский национальный университет строительства и архитектуры.*

*А.И.Тетеря, ТзОВ «UKRBIOТAL», г. Ровно*

Метод биологической очистки сточных вод от соединений азота по оценке отечественных и зарубежных специалистов является наиболее эффективным, экологичным и экономичным.

Сточные воды, поступающие на биологическую очистку, имеют сложный многокомпонентный состав органического вещества и обычно характеризуется некоторыми усредненными значениями БПК или ХПК в единицу объема среды. Так как для обеспечения комплексной биологической очистки от указанных загрязнений по технологии необходимы рециркуляции с большими расходами, то наиболее эффективным в системе установок малой производительности (УМП) является наличие реакторов в виде аэротенков-смесителей с распределенным биоценозом (активным илом).

При дальнейшем рассмотрении моделей и методов расчета необходимо учитывать особенности очистки в аэротенках. При этом необходимо помнить, что с одной стороны система УМП типа BIOТAL для обеспечения комплексной очистки состоит из отдельных взаимосвязанных блоков-реакторов, работающих по принципу идеального перемешивания, и в связи с этим в каждом из них допускается возможность решения различных задач очистки, а с другой стороны, имеющееся в литературе большое разнообразие предложенных моделей и методов, в общем, описывают процессы очистки и недостаточно учитывают конструктивные особенности реакторов и режим их работы. Поэтому следует провести оценочный анализ тех существующих моделей и методов расчета, которые непосредственно могут иметь отношение к решению поставленных задач очистки преимущественно городских (бытовых) сточных вод на УМП.

В практике биологической очистки известны модели, анализ и сферы применения которых приведены в многих литературных источниках, в общем случае имеющие вид

$$\frac{dl}{dt} = \rho(L)X \quad (1)$$

где  $\rho(L) = \frac{\mu_m}{Y} = const$  - для модели нулевого порядка;  $\rho(L) = k\sqrt{L}$  - для модели

промежуточного типа;  $\rho(L) = k_1L$  - для модели первого порядка;  $\rho(L) = k_0\left(\frac{L}{L_0}\right)^n$  -

для моделей более высокого порядка  $n(n \geq 1)$ .

Проведенный анализ с привлечением экспериментов показал, модели нулевого и  $(n < 1)$  порядков могут быть использованы для грубой очистки, когда рост микроорганизмов не зависит от концентрации субстрата, так его величина превышает его лимитирующее значение. Модели первого и более высоких порядков могут быть использованы для очистки многокомпонентного субстрата и

когда скорость роста клеток активного ила снижается по мере снижения концентрации субстрата, т.е. при проведении более глубокой очистки. В этом плане представляет интерес предложенная и реализованная модель, в которой при описании скорости роста микроорганизмов учтен эффект их взаимовлияния и ингибирования

$$\frac{dX}{dt} = \varepsilon X - \beta X^2 \quad (2)$$

$$\frac{dL}{dt} = -\frac{dX}{dt} \cdot \frac{1}{Y} \quad (3)$$

Здесь влияние различных ингибирующих факторов учитывается коэффициентом  $\beta$ , а коэффициент  $\varepsilon$  определяет максимальную удельную скорость роста микроорганизмов при отсутствии ингибирующих факторов в начальной фазе роста. Решение системы (2) и (3) имеет вид:

$$X = \frac{\varepsilon X_0}{\varepsilon \cdot \exp(-\varepsilon t) + \beta X_0 (1 - \exp(-\varepsilon t))} \quad (4)$$

$$L_t = L_0 - (X - X_0)Y$$

где  $L_0$  и  $X_0$  - начальные концентрации соответственно субстрата (по БПК, г/л) и микроорганизмов (г/л).

Эта модель апробирована на различных системах биологической очистки.

В условиях многокомпонентного состава загрязнений для описания результирующего процесса утилизации субстрата активным илом используют зависимости потребления отдельных компонентов  $L_i$ .

В общем случае процесс нитрификации зависит от следующих факторов: начальной и конечной величины БПК<sub>полн</sub>, начальной концентрации органического и аммонийного азота, наличия токсичных веществ для нитрификации, концентрации бикарбонат-иона, величины рН и Eh, температуры среды, щелочности воды, концентрации растворенного кислорода, количества нитрифицирующих микроорганизмов, соотношения автотрофных и гетеротрофных организмов в активном иле.

Скорость процесса денитрификации зависит от тех же факторов (за исключением концентрации бикарбонат-иона), а также начальной и конечной концентрации нитритов и нитратов, количества денитрифицирующих бактерий, вида органического вещества, применяемого в качестве источника органического кислорода.

Процесс удаления азота зачастую приходится рассматривать на фоне очистки сточных вод также от органических веществ, что является сложной задачей, решение которой зависит от многих факторов и отличается от очистки сточных вод, не содержащих органических соединений. Между тем при изучении процессов нитрификации влияние органических загрязнений зачастую не учитывалось, процессы нитрификации рассматривались преимущественно на основе кинетических моделей, а процессы денитрификации рассматривались преимущественно на основе кинетической модели

$$\frac{dN_1}{dt} = -\frac{\mu_{m1}}{Y_1} X_{N1} \frac{N_1}{K_{N1} + N_1} \quad (5)$$

$$\frac{dX_{N_1}}{dt} = -Y_1 \frac{dN_1}{dt} - b_1 X_{N_1}, \quad (6)$$

$$\frac{1}{\theta} = \mu_{m1} \frac{N_1}{K_{N_1} + N_1} \cdot \frac{C}{K_{CN} + C}, \quad (7)$$

где  $\frac{dN_1}{dt}$  - скорость снижения концентрации вещества;  $\frac{dX_{N_1}}{dt}$  - скорость роста микроорганизмов;  $b_1$  - удельная скорость лизиса биомассы;  $Y_1$  - экономический (удельный) коэффициент выхода биомассы;  $\mu_{m1}$  - максимальная скорость роста нитрификаторов;  $X_{N_1}$  - концентрация массы нитрификаторов;  $N_1$  - концентрация аммонийного азота;  $C$  - концентрация растворенного кислорода;  $K_{CN}$  - константа полунасыщения по аммонийному азоту;  $\theta$  - возраст активного ила.

Таким образом, при изучении процессов нитри-денитрификации не учитывалось ингибирующее влияние различных факторов, что неизбежно в условиях комплексной очистки.

Дальнейшее усовершенствование и применение моделей биологической очистки сточных вод должно идти по пути комплексного и одновременного учета основных факторов и особенностей процессов при очистке небольших количеств сточных вод и разработки на базе этих моделей научно-обоснованных рациональных конструкций.