

УДК 628.171

**НЕКОТОРЫЕ СИСТЕМЫ БИООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

В.К.Бишимбаев, У.Садибеков, Е.М.Наурызбаев, Ф.К.Жармаханбетов  
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент, ТОО «Водное хозяйство», с.Шаян

В техносфере реализуются множество различных технологических процессов, которые, несмотря на большие качественные и количественные различия, имеют общие свойства, а именно: являются структурно сложными, состоящими из отдельных взаимосвязанных частей, перерабатывают энергию и вещество и имеют связи с соседними производствами. Такие технологические комплексы определяются химико-технологическими системами водоотведения, т.е. представляют совокупность физико-химических процессов и средств для их проведения с целью получения продукта заданного качества и в требуемом количестве.

Таким образом, система очистки состоит из функционально-взаимосвязанных элементов, каждый из которых осуществляет преобразование, выражаемое зависимостью

$$Y = F(X,U), \quad (1)$$

где  $X$  и  $Y$  - векторы параметров состояния входных и выходных потоков;  $U$  - вектор конструктивных и технологических переменных. Вид зависимости определяется физико-химической природой процессов, протекающих в данном аппарате.

Классические схемы биоочистки реализованы в системах водоотведения, построенных в 50-х и 70-х годах прошлого столетия. В настоящее время в условиях ухудшающегося экологического состояния поверхностных и подземных источников питьевого водоснабжения проблемы, связанные с очисткой сточных вод, приобретают особую актуальность.

В работе [1] за основу биоочистки сточных вод принята типовая схема без механической очистки на песколовках, решетках и первичных отстойниках, содержащая аэротенк, вторичный отстойник, контактный отстойник. В работе [2] также рассматриваются задачи моделирования и расчета аэрационных сооружений (аэротенки, биофильтры, пруды аэрационные). При этом не рассматривается микробиологический аспект процесса биоочистки. Основное внимание уделено гидродинамике течения и перемешивания, влиянию турбулентного переноса и макрокинетическому описанию процесса биоочистки. В работе [3] описаны новые технологии и установки по очистке сточных вод, которые решают задачу по созданию высокоэффективных технологий и аппаратов, обеспечивающих глубокую очистку сточных вод. В частности, реализована технология процесса биоочистки сточных вод в аэротенках с использованием иммобилизованных микроорганизмов, не имеющая аналогов в мировой практике, т.е. технология интенсификации работы аэротенков и повышения качества очистки путем гидродинамической обработки активного ила в системах биоочистки сточных вод.

Как известно, в системе водоотведения процесс биологической очистки активным илом является обязательным элементом обработки промышленных и бытовых сточных вод. В целях интенсификации процесса проводят аэрацию стоков в аэротенках и возвращают часть активного ила в аэротенк для увеличения концентрации. В аэротенке, который представляет собой проточный биореактор, происходят процессы роста активного ила и окисления загрязнений. Аэрация обеспечивает условия для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов: поступление к хлопьям активного ила необходимого количества кислорода и растворенных органических веществ (загрязнений), а также поддержание хлопьев во взвешенном состоянии. После биоочистки в аэротенке смесь направляется во вторичный отстойник, где часть активного ила осаждается, а часть выводится. При этом часть уплотненного ила подается на вход аэротенка.

В работе [4] освещены основные теоретические основы и подходы процесса биоочистки. Показаны основные модели динамики роста микроорганизмов и окисления органических загрязнений. Дано обоснование моделей типа Моно для описания процессов, происходящих на хлопьях активного ила. Здесь же, используя метод математического моделирования, рассмат-

ривают задачи, связанные с оптимальным проектированием объектов системы водоотведения. Рассматриваются основные типы аэротенков и предлагаются методы их расчета.

В [4] основное внимание уделено описанию процесса в диффузионной области и в то же время не выявлено влияние макромасштабных переносов на массообмен между газом и жидкостью при различных методах аэрации.

Мы предлагаем обобщение математической модели, предложенной в [4], с учетом прохождения процесса в кинетической области и с явным учетом процесса аэрации, где уточнены коэффициенты массопередачи между средой и хлопьями активного ила, учитывающие макромасштабный перенос и массообмен между газом и жидкостью. Модель имеет вид:

$$L_o = \frac{L_f}{1+r}$$

$$\varphi = Y \left\{ L_o - L_e + nK_e \left( \sqrt[n]{\frac{L_o}{L_e}} - 1 \right) \right\}$$

$$X_o = X_a - Y(L_o - L_e) + B\varphi / \mu_m \quad (2)$$

$$T_a = \varphi(\mu_m, X_a)$$

$$T = (1+r)(T_a + T_o),$$

где  $L_o$  - начальная концентрация стока на входе в аэротенк, мг/л БПК;  $L_f$  - концентрация загрязнителя на входе очистных сооружений 0,4 кг/м<sup>3</sup> БПК;  $r$  - коэффициент рециркуляции 0,25;  $Y$  - экономический коэффициент 0,5 кг ила г/БПК;  $L_e$  - концентрация органических веществ 10 мг/л БПК;  $n$  - безразмерный параметр 5;  $K_e$  - константа, зависящая от возраста ила 0,1 кг/м<sup>3</sup> БПК;  $X_o$  - концентрация ила на входе в аэротенк, мг/л БПК;  $X_a$  - концентрация активного ила по весу 1,3 мг/л БПК;  $T_a$  - период аэрации, час<sup>-1</sup>;  $T_o$  - период отстаивания 2 час<sup>-1</sup>;  $T$  - общий период процесса аэрации, час<sup>-1</sup>;  $\mu_m = 0,27 \cdot 10^{-4}$  сек<sup>-1</sup>,  $B = 0,81 \cdot 10^{-7}$  сек<sup>-1</sup>.

Процесс биологической очистки активным илом широко применяется для обработки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков. Для интенсификации его издавна используются два технических приема: аэрация сточной жидкости в аэротенке и создание в нем больших концентраций активного ила, что достигается отделением ила от очищенной жидкости и возвратом уплотненного ила в аэротенк. В аэротенке, представляющем собой проточный микробиологический культиватор, происходят процессы окисления загрязнений и роста активного ила. Чтобы скорость процесса окисления не лимитировалась концентрацией растворенного кислорода, объем аэротенка интенсивно продувается воздухом. За счет аэрации происходит перемешивание жидкости и частицы активного ила поддерживаются во взвешенном состоянии. После аэрации смесь направляется во вторичный отстойник, здесь биомасса, осаждающаяся, отделяется от раствора, а очищенная вода выходит из системы. Часть уплотненного в отстойнике ила подается на вход аэротенка, а часть, приблизительно равная приросту ила за период аэрации, выводится.

Полный комплекс сооружений биологической очистки содержит и другие элементы, однако система аэротенк - вторичный отстойник - это самый важный по значению и самый большой по объему узел очистной системы, функционирование которого можно изучить независимо от остальных сооружений. Объединение в единую систему двух элементов аэротенк и вторичный отстойник связано с тем, что процесс очистки сточных вод активным илом включает в себя две фазы: фазу окисления растворенных органических загрязнений и фазу отделения биомассы ила от очищенной воды. Первая фаза осуществляется в аэротенке, вторая - во вторичном отстойнике. Процессы аэрации и отстаивания тесно взаимосвязаны, поэтому можно рассматривать систему аэротенк - вторичный отстойник как единое целое. Это позволит найти такой режим работы очистной системы, когда ее эффективность будет максимальной.

Режим работы системы аэротенк - отстойник определяется значениями следующих технологических параметров: объемом аэротенка, объемом вторичного отстойника, значением ко-

эффицента рециркуляци, значением потока с избыточным активным илом, гидродинамическим режимом течения жидкости в аэротенке и интенсивностью аэрации.

Цель оптимизации процесса биологической очистки состоит в том, чтобы при известных характеристиках стоков: расход, состав, концентрация загрязнений - и заданных ограничениях на качество очищенной воды определить значения указанных технологических параметров, при которых сумма объемов аэротенка и вторичного отстойника будет минимальной. Для нашего южного региона определяющим параметром является температура наружного воздуха. Исследование, проведенное по вышеизложенной модели (2), показали, что при данных значениях констант и параметров абсолютный минимум общей продолжительности системы аэротенк-отстойник возможен при больших значениях коэффициента рециркуляции, что влечет за собой слишком большие затраты на перекачку воды.

Обычно на станциях очистки воды возвратный поток составляет четвертую часть входного, т.е. коэффициент рециркуляции  $r = 0,25$ , а для очистных сооружений г.Шымкента он составляет  $0,2$ . При таком значении коэффициента рециркуляции общее время увеличивается, однако не намного по сравнению с оптимальным режимом.

#### Литература

- 1 Шауро П.К. Гидравлическая модель сетей водоотведения бассейна Юго-западных очистных сооружений Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. - 2004. - №8, ч.2. - С.30-32.
- 2 Брагинский Л.Н., Евилевич М.А., Бегичев В.И. и др. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод. - Л.: Химия, 1980. - С. 23-25.
- 3 Яковлев С.В., Демидов О.В. Современные решения по очистке природных и сточных вод // Экология и промышленность России. - 1999. - №3. - С. 12-15.
- 4 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активном илом. - М.: Наука, 1979. - 240 с.

#### Қорытынды

Мақалада іркінді суларды биологиялық тазалаудың әртүрлі варианттары қарастырылған. Қарастырылған әдістерінің іс-әрекетте болатынын талдау арқылы тазалау жүйелерінің тиімді жұмысының негізгі міндеті ойдағыдай үйлестіру екенін көрсетті. Бұл тазалау станциясының негізгі элементтерінің көлемін (параметрлерін) азайту. Соның ішінде аэротенк пен екінші тұндырғыны келтіруге болады.

#### Summary

In clause various systems of biosewage treatment are considered. The analysis of these systems is resulted, the basic theoretical bases and approaches of process of bioclearing are shined. These approaches should be considered at designing clearing constructions that will allow to find an optimum operating mode of clearing system when its efficiency will be maximal.