

ОЦЕНКА БАКТЕРИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Предложены новый способ расчета и модель оценки бактериальной составляющей гидробиологических систем очистки морской воды, используя методику расчета окислительной способности фильтра, применяемую в морских аквариумах.

В системах гидробиологической очистки принимают участие различные гидробионты, входящие в сообщества обрастаний и, в первую очередь, моллюски-фильтраторы, в том числе мидии. При фильтрационной работе мидий образуется большое количество псевдофекалий, где связаны различные загрязняющие вещества, включая нефть и нефтепродукты. Дальнейшее разрушение загрязняющих веществ в псевдофекалиях, а также осажденных загрязнений на поверхности макрообрастаний идет за счет деятельности бактерий [3]. Однако выявить их роль в этом сложном сообществе довольно трудно.

Известно, что при биологической очистке воды, а также в аквариумных установках применяются биологические фильтры со сформировавшимися на их поверхности бактериальными сообществами. Имеются различные конструкции таких фильтров и разработана методика оценки их окислительной способности, основанная на потреблении кислорода. Здесь можно провести некоторую аналогию с определением процессов разложения органического вещества в воде по биохимическому потреблению кислорода (БПК).

В этой связи целью работы была попытка использовать методику расчета окислительной способности фильтра, применяемую в морских аквариумах, для оценки окислительной способности бактериальной составляющей в системах гидробиологической очистки.

За основу взята формула, предложенная Хираямой [5]. Однако считаем, что площадь поверхности фильтра (W) целесообразно заменить величиной активной поверхности фильтра (W^1), которая учитывает только поверхность фильтра, содержащую бактериальную пленку. Ее рассчитаем по уравнению

$$W^1 = a_q \times \Delta X \quad (1)$$

где a_q – удельная площадь поверхности био пленки, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

ΔX – прирост биомассы [4].

$$\Delta X = X_0 \times K \quad (2)$$

где X_0 – концентрация био пленки в начале процесса фильтрации;

K – коэффициент прироста биомассы.

$$K = e^{kt} \quad (3)$$

где k – константа, зависящая от условий среды;

t – продолжительность фильтрации.

Подставляя (2) и (3) в (1), получим

$$W_1^1 = a_q \times X_0 \times e^{kt} \quad (4)$$

Поскольку био пленка характеризуется определенным видовым составом, необходимо учитывать гетерогенность биомассы. Тогда начальную концентрацию общей биомассы определим из уравнения [2]:

$$X_0^1 = \sum_{j=1}^M X_{j0} \quad (5)$$

где X_{j0} – начальная концентрация j -й группы биомассы.

Подставляя (5) в (4), получим

$$W^* = a_q \times e^{kt} \times \sum_{j=1}^M X_{j0} \quad (6)$$

С учетом (6), преобразованное уравнение запишется в виде

$$OC\Phi^* = \frac{10 \times a_q \times e^{kt} \times \sum_{j=1}^M X_{j0}}{0,70/V + 950/(G \times D)} \quad (7)$$

где V – скорость фильтрации, т.е. скорость протекающей через фильтры воды, см/мин;

D – толщина слоя гравия, см;

G – коэффициент размера частиц.

Поскольку биомасса пленки увеличивается, время от времени осуществляется отрыв ее части, которая уносится потоком жидкости. Таким образом, в биологических системах происходит обновление биомассы, где наряду с процессами синтеза и поступления биомассы, осуществляется и ее отвод [6].

Рассмотрим следующую модель, описывающую рост гетерогенной биомассы в условиях ее обновления [2].

$$\dot{X}_j = \rho_{Xj} - \sum_{m=1}^M \rho_{Xm} \frac{X_j}{\hat{X}} \quad (8)$$

где $j = 1, 2, \dots$

M – порядковый номер отдельной группы биомассы;

X_j – концентрация j -й группы биомассы;

ρ_{Xj} – скорость роста j -й группы биомассы.

\hat{X} – константа, численно равная стационарной концентрации общей биомассы.

$$\hat{X} = \sum_{j=1}^M \hat{X}_j \quad (9)$$

где \hat{X}_j – величина стационарной концентрации j -й группы биомассы.

В общем случае при любых M из (8) следует уравнение

$$\dot{X} = \sum_{j=1}^M \rho_{Xj} \left(1 - \frac{X}{\hat{X}} \right) \quad (10)$$

$$\text{при } \sum_{j=1}^M \rho_{Xj} = \mu_{\max} \times B \quad (11)$$

где μ_{\max} – максимальная удельная скорость роста всей биомассы.

Таким образом, модель (8) описывает как изменение концентрации общей биомассы, так и перераспределение ее состава.

Биофильтры являются реакторами, выделяющими в процессе очистки определенный спектр соединений. Чем больше время контакта, тем более труднорастворимые соединения «перерабатываются» микроорганизмами биопленки. В соответствии со спектром перерабатываемых соединений формируется микробиологический состав биопленки.

Изменение условий функционирования биофильтра (входящая концентрация загрязнителя, время контакта) через некоторое время (время адаптации) приводит к переформированию видового состава биопленки.

Процессы биологической очистки и самоочищения в естественных проточных водоемах, несмотря на существенные различия, имеют общие принципиальные законо-

мерности. Они могут рассматриваться в рамках схематизированных представлений о проточных биологических системах [1].

Искусственные системы гидробиологической очистки, в принципе, могут считаться моделью реальных проточных систем, в которых интенсивно протекают процессы самоочищения.

1. *Вавилин В. А.* Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках. – М.: Наука, 1983. – 160 с.
2. *Вавилин В. А.* Время оборота биомассы и деструкция органического вещества в системах биологической очистки. – М.: Наука, 1986. – 144 с.
3. *Миронов О. Г.* Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. – Л.: Гидрометеониздат, 1985. – 128 с.
4. *Elmalch S., Labaquere H., Ben A.* Biological Filtration through a Packed. - Column. – Water Research. - 1978. - 12.
5. *Hirayama K.* Studies on water control by filtration through sand bed in a marine aquarium with closed circulating system // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. - 1965. – № 31. - P. 977 - 982.
6. *Uhlmann D.* Influence of dilution, sinking and grazing rate on phytoplankton populations of hyperfertilized ponds and microecosystems. – Mitteilungs. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart. – 1971. - № 19. - P. 100 - 124.

Институт биологии южных морей НАН Украины,
г. Севастополь

Получено 17.11.2004

U. V. DOROSHENKO

**ESTIMATION OF BACTERIAL COMPONENT
IN HYDROBIOLOGICAL SYSTEMS OF SEAWATER CLEANING**

Summary

A new method of account and model of an estimation of bacterial component in hydrobiological systems of seawater cleaning were offered, using a method of account of the filter oxidizing ability in sea aquariums.