

УДК 628

Наведено математичний опис зміни питомої швидкості анаеробного біологічного окиснення формальдегіду шляхом денітрифікації на стадії регенерації води в біоскрубері

Ключові слова: математичний опис, питома швидкість, денітрифікація, біоскрубер окиснення

Приведено математическое описание изменения удельной скорости анаэробного биологического окисления формальдегида путем денитрификации на стадии регенерации воды в биоскрubberе

Ключевые слова: математическое описание, удельная скорость, денитрификация, биоскрubber, окисление

Mathematical description of changes in specific rate of anaerobic biological oxidation of formaldehyde by means of denitrification at stage of water regeneration in bioscrubber is shown

Keywords: mathematical description, specific rate, denitrification, bioscrubber, oxidation

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА

В. А. Юрченко

Доктор технических наук, профессор

Кафедра экологии

Харьковский национальный автомобильный университет
ул. Петровского, 25, г. Харьков, 61002

А. Ю. Бахарева

Кандидат технических наук, старший преподаватель

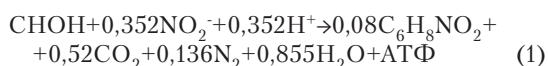
Кафедра охраны труда и окружающей среды

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002

Статья посвящена примеру применения математической модели (модели Моно), используемой для описания процессов, происходящих при биологической деструкции органических веществ сточных вод путем денитрификации, к описанию изменения удельной скорости окисления формальдегида метилотрофным денитрифицирующим микробиоценозом (активный ил) на стадии регенерации воды в танке биоскруббера в анаэробных условиях.

В основе математического описания лежат экспериментальные данные по анаэробному биологическому окислению формальдегида, а также данные, взятые из разработанной математической модели, которая описывает изменение концентрации формальдегида в процессе денитрификации на стадии регенерации воды в танке биоскруббера [1].

Окисление формальдегида денитрифицирующим илом в анаэробных условиях, при котором в конструктивном обмене активного ила происходит синтез биомассы ($C_6H_8NO_2$), а в энергетическом обмене формальдегид окисляется до CO_2 и H_2O с извлечением энергии, можно представить в виде следующей реакции:



Коэффициенты для этого уравнения рассчитаны по методике, изложенной в [2].

Удельную скорость детоксикации формальдегида в анаэробных условиях путем денитрификации (гф д) можно вычислить с помощью известного уравнения [2, 3, 4].

$$\rho_{фд} = \rho_{мад} \frac{S}{S + K_s} \cdot \frac{N}{N + K_N} \cdot 10^{k_T(T-20)} a_{pH} \cdot \frac{K_{O_2}}{O_2 + K_{O_2}} \quad (2)$$

где S – концентрация формальдегида (ХПК), мг/дм³;

K_s – константа полунасыщения формальдегидом (ХПК) при денитрификации, мг/дм³;

N – концентрация NO_3^- , мг/дм³;

K_N – константа полунасыщения NO_3^- , мг/дм³;

K_{O_2} – константа ингибирования процесса растворенным кислородом, мг/дм³;

O_2 – концентрация растворенного кислорода в воде, мг/дм³;

k_T – температурная константа (0,03) [3];

T – температура, °C;

$\rho_{мад}$ – максимальная удельная скорость окисления формальдегида в процессе денитрификации, мг/г·ч.

Коэффициенты зависимости a_{pH} вычисляли по характеристикам денитрификации, приведенным в [2].

Таблица 2

Значения вспомогательных координат для вычисления $V_{\max д}$ и $K_{\max д}$

$\frac{t}{\ln \frac{S_{0ф}}{S_{0ф}-P}}$ (Y), ч	$\frac{P}{\ln \frac{S_{0ф}}{S_{0ф}-P}}$ (X), мг/дм ³
3,5	1150
2,8	1007
4,4	933

$$a_{pH} = \begin{cases} F(8,0-pH, 8,0-K_{II1}, 8,0-K_{II2}), & \text{если } pH < 8,0 \\ F(pH-8,0, K_{HI1}-8,0, K_{HI2}-8,0), & \text{если } pH > 8,0 \end{cases}$$

($K_{I1}, K_{I2}, K_{II1}, K_{II2}$ равны 6,5, 5,5, 9,5, 10,5 соответственно).

Константа Михаэлиса или концентрация полунасыщения K_S определяется как концентрация субстрата, при которой удельная скорость его окисления достигает половины своего максимального значения. Константу Михаэлиса можно определить по графику зависимости удельной скорости окисления формальдегида от его концентрации. Но более точный расчет константы Михаэлиса, а также максимальной скорости окисления формальдегида можно выполнить с помощью линеаризации методом Уокера-Шмидта [5].

Тангенс угла наклона прямой, построенной в координатах вспомогательных переменных $\frac{t}{\ln \frac{S_{0ф}}{S_{0ф}-P}}$ (ось абсцисс) и $\frac{P}{\ln \frac{S_{0ф}}{S_{0ф}-P}}$ (ось ординат), равен $\frac{1}{V_{\max D}}$. От

резок, отсекаемый прямой, построенной в этих координатах, на оси ординат равен $\frac{K_S}{V_{\max D}}$.

$S_{0ф}$ – максимальная или начальная концентрация формальдегида при денитрификации, г/дм³;

P – продукт (CO_2+H_2O), который образуется в результате окисления формальдегида в процессе денитрификации, г/дм³. Продукты составляют 60% от концентрации удаленного формальдегида в процессе его окисления денитрифицирующим микробиоценозом. 40% удаленного формальдегида расходуется на синтез биомассы. Концентрацию продуктов определяем по экспериментальным значениям остаточных концентраций формальдегида в процессе денитрификации (табл. 1).

Таблица 1

Прогнозное значение концентрации продуктов, которые образуются при детоксикации формальдегида в процессе денитрификации

Снижение концентрации формальдегида, мг/дм ³	Прогнозная концентрация продуктов, мг/дм ³
575	345
1175	705
1400	840

Значения вспомогательных координат для вычисления $V_{\max д}$ и $K_{\max д}$ и построенная вспомогательная кривая приведены в табл. 2 и рис. 1.

Как видно из рис. 1, $tg \alpha = 0,2/130 = 0,00153 = 1/V_{\max д}$. Отсюда $V_{\max д} = 650$ (мг/дм³·ч), а удельная скорость детоксикации формальдегида путем денитрификации $\rho_{\max д} = 650/2,2 = 295$ (мг/г·ч). Отрезок, отсекаемый построенной прямой на оси ординат, равен $0,2 = \frac{K_S}{V_{\max D}}$. Отсюда, $K_S = 0,2 \cdot 650 = 130$ (мг/дм³).

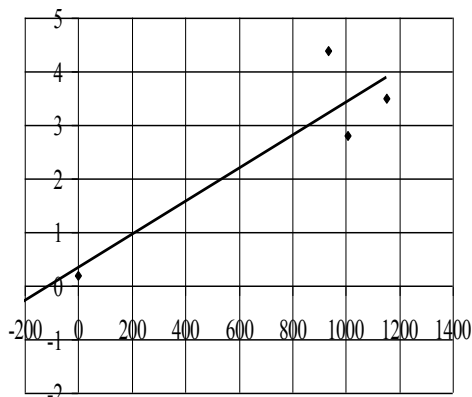


Рис. 1. Построение прямой в вспомогательных координатах для определения $V_{\max д}$ и K_S детоксикации формальдегида путем денитрификации

$$\rho_{\max д} = 295 \text{ мг/г·ч} = 7,08 \text{ г/г сут.}$$

$$\mu_{H\max} = \rho_{\max д} \cdot Y_{NH}, \mu_{H\max} = 7,08 \cdot 0,31 = 2,2 \text{ (сут}^{-1}\text{)} \text{ или } 0,092 \text{ ч}^{-1}.$$

Вычисление скорости детоксикации формальдегида по уравнению микрокинетической модели (2) и экспериментальные данные представлены на рис. 2. Как видно, предложенная математическая модель достаточно адекватно описывает экспериментальные данные: среднее отклонение математической модели от экспериментальных данных составляет 27%.

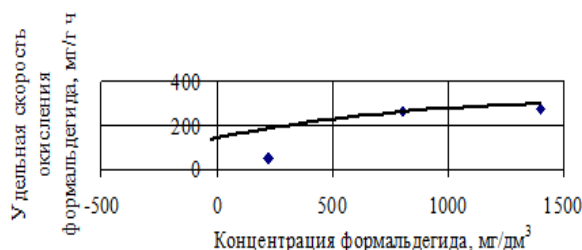


Рис. 2. Зависимость удельной скорости удаления формальдегида от концентрации формальдегида в среде

Значения биокинетических констант и коэффициентов микрокинетической модели биотехнологической детоксикации формальдегида путем денитрификации, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Стехиометрические, кинетические, физиологические константы и коэффициенты, использованные для описания детоксикации формальдегида путем денитрификации

Показатели	Размерность	Значение
Y_H	г/г	0,3-0,55 [3]
K_S	мг/дм ³	100-130 [3, 6], экспериментальные данные
μ_{Hmax}	сут-1 (ч-1)	2,2-2,4;3,экспериментальные данные
r_{maxd}	мг/г×ч	295, экспериментальные данные
Y_D	г/г	0,9 [3, 6, 7]
K_N	мг/дм ³	25[3, 6, 7]
k_T	сут ⁻¹	0,03
K_{de}	мг БПК/мг биомассы	0,024
α	сут ⁻¹	0,9
b_1		0,24
η		0,8
арН		6,5; 5,5 9,5; 10,5 [2, 6]
K_{O_2}	мг/дм ³	1,0 [6]

Литература

1. Бахарева А.Ю. Экологически безопасные методы очистки газообразных промышленных выбросов от формальдегида и метана: Дис... канд. техн. наук: 21.06.01 / Бахарева Анна Юрьевна. – Харьков, 2009. – 210 с.
2. Очистка сточных вод / М. Хенце, П. Армоз, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван / Под ред. М. Хенце. – М.: Мир, 2004. – 480 с.
3. Яковлев В.П. Биохимические процессы в очистке сточных вод / Яковлев В.П., Карюхина Т.А. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
4. Сврдликов А.А. Глубокая биологическая очистка сточных вод от соединений азота: Дис... канд. техн. наук: 05.23.04 / Сврдликов Александр Александрович. – М., 1996. – 156 с.
5. Березин И.В. Основы физической химии ферментативного катализа / Березин И.В., Мартинек К. – Учебное пособие. – М.: Высш. школа, 1977. – 280 с.
6. Вавилин В.А. Моделирование деструкции органического вещества сообществом микроорганизмов / Вавилин В.А., Васильев В.Б., Рытов С.В. – М.: Наука, 1993. – 202 с.
7. Henze M. Activated Sludge Model № 2 / M. Henze, W. Gujer, T. Mino, T. Matsuo, M.C. Wentzel, G.v.R. Marais // Scientific and Technical Report. – London: IAWQ. – 1995. – № 3. – P. 847-861.

Виявлено основні закономірності гідродинаміки пінного шару зі стабілізатором на дрібнодірчастих протитечійних решітках. Розглядаються структурні параметри фаз пінного шару як цільного середовища. Враховується взаємний вплив двох фаз. Вивчено коливання газорідного шару
Ключові слова: пінний шар, стабілізація пінного шару, дрібнодірчасті тарілки

Выявлены основные закономерности гидродинамики пенного слоя со стабилизатором на мелкодырчатых противоточных решетках. Рассматриваются структурные параметры фаз пенного слоя как сплошной среды. Учитывается взаимное влияние двух фаз. Изучены колебания газожидкостного слоя
Ключевые слова: пенный слой, стабилизация пенного слоя, мелкодырчатые тарелки

The basic laws of hydrodynamics of a foam layer with a stabilizer on the small hole antiexact plate are developed. The structural parameters of phases of foamy layer are examined as a continuous environment. Take into account the mutual influence of two phases. The vibrations of gas-liquid layer are studied
Keywords: foamy layer, stabilizing of foamy layer, small hole antiexact plates

УДК 66.074:661

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ ПЕННОГО СЛОЯ СО СТАБИЛИЗАТОРОМ

В.Ф. Моисеев

кандидат технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой Кафедра химической техники и промышленной экологии*

Контактный тел.: (0572) 400-857
 E-mail: himeko@kpi.kharkov.ua

А.Ю. Масикевич

Кандидат технических наук, доцент Кафедра экологии и права

*Национальный технический университет ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002
 Контактный тел.: (0572) 400-857
 E-mail: himeko@kpi.kharkov.ua