

- Технологии органических и неорганических веществ

## 6/6 (54) 2011

# Содержание

### ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

- 4 Технологічні особливості глибинного культивування базидіальних грибів роду *Coriolus*  
**Л. О. Антоненко, І. Р. Клечак**
- 14 Масовіддача у першому періоді фільтраційного сушіння дрібнодисперсних матеріалів  
**Д.М. Симак, В.М. Атаманюк**
- 22 Дослідження котельної установки киплячого шару на базі натурних та комп'ютерних експериментів  
**Л.М. Бугаєва, Д.О. Серебрянський, А.А. Дейкун**
- 26 Електрохімічне вилучення іонів нікелю з нейтральних та кислих регенераційних розчинів  
**Ю.А. Омельчук, О.В. Глушко, В.С. Камаєв, М.Д. Гомеля**
- 30 Вплив трифункціональної ліофільності на властивості акрилатної водної емульсії  
**Ф.Г. Фабуляк, Ю.В. Зубенко, Л.Д. Масленнікова**
- 33 Исследование влияния нейтрального электролита на скорость крашения полифункциональными активными красителями  
**А.Н. Кулиш, Л.А. Нестерова, Е.И. Широкий**
- 36 Вплив карбаміду на релаксаційну поведінку поліуретану  
**Ф. Г. Фабуляк, Л. Д. Масленнікова, О. В. Лигор, О. О. Нагорняк**
- 39 Теорія локальної ізотропної турбулентності при адсорбції барвника активного алого 4ЖТ на глауконіті  
**І. М. Петрушка**

- 42 Изучение закономерностей получения структурноокрашенной алкидной смолы  
**В.З. Маслош, Н. Н. Алексеева, О.В. Маслош**
- 46 Математическое описание изменения удельной скорости биологического окисления формальдегида  
**В. А. Юрченко, А. Ю. Бахарева**
- 48 Закономерности гидродинамики пенного слоя со стабилизатором  
**В.Ф. Моисеев, А.Ю. Масикович**
- 53 Ліофобно-ліофільна модифікація пентафталевого лаку  
**Ф.Г. Фабуляк, Л.Д. Масленікова, Т.В.Польова, К.А. Урван**
- 56 Термодинамический анализ процесса гидрохлорирования технического кремния  
**И. Ф. Червоный, Ю. В. Реков, С. Г. Егоров, Р. Н. Воляр**
- 60 Изучение методом ик-спектроскопии механизма придания кислотозащитных свойств фторорганическими препаратами  
**Д.Г. Сарибекова, Г.А. Скрипко**
- 65 Дослідження кінетики ферментативного ацидолізу жирів  
**П.О. Некрасов, О.В. Подлісна, О.П. Некрасов**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### **А. Б. Бойник**

Доктор технических наук, профессор.  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта. УКРАИНА

### **Т. В. Бутько**

Доктор технических наук, профессор.  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта. УКРАИНА

### **А. В. Гламаздин**

Кандидат физико-математических наук  
ННЦ Харьковский Физико-Технический институт, УКРАИНА

### **М. Д. Годлевский**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **В. Г. Данько**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **Д. А. Демин**

Кандидат технических наук, доцент.  
Технологический Центр. УКРАИНА

### **А. А. Дудников**

Кандидат технических наук, профессор.  
Полтавская государственная аграрная академия. УКРАИНА

### **Дж. Кардосо**

Professor in Faculty of Science and Technology  
of the University of Coimbra. PORTUGAL

### **М. Д. Кац**

Доктор технических наук, профессор.  
Восточноевропейский национальный университет им. В. И. Даля. УКРАИНА

### **Б. В. Клименко**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **Г. И. Львов**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **П. Г. Перерва**

Доктор экономических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **А. А. Пермяков**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **М. А. Подригало**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный автодорожный технический университет. УКРАИНА

### **Л. А. Рыбак**

Доктор технических наук, профессор.  
Старооскольский технологический институт. РОССИЯ

### **В. Б. Самородов**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **В. Н. Самсонкин**

Доктор технических наук, профессор.  
Государственный научно-исследовательский центр  
железнодорожного транспорта Украины. УКРАИНА

### **Ю. В. Соболев**

Доктор технических наук, профессор.  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта. УКРАИНА

### **В. В. Стариков**

Кандидат физико-математических наук, доцент.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **Р. Д. Сытник**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт». УКРАИНА

### **А. Д. Тевяшев**

Доктор технических наук, профессор.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники. УКРАИНА

### **Т. А. Терещенко**

Доктор технических наук, профессор.  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт». УКРАИНА

### **В. Я. Терзиян**

Доктор технических наук, профессор.  
Университет Ювяскюля. ФИНЛЯНДИЯ.  
Харьковский Национальный университет радиоэлектроники. УКРАИНА

### **И. А. Фурман**

Доктор технических наук, профессор.  
Харьковский государственный технический университет  
сельского хозяйства. УКРАИНА

## Главный редактор

И. Г. Филиппенко

Доктор технических наук, профессор.  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта. УКРАИНА

## Учредители

ЧП «Технологический Центр»  
Украинская Государственная Академия  
железнодорожного транспорта

## Атестовано

Высшей Аттестационной Комиссией Украины  
Перечень № 12 постановления Президиума ВАК № 1-05.36  
от 11.06.03

## Аттестовано

Постановлением Президиума ВАК Украины  
№ 1-05/2 от 27.05.2009, № 1-05/3 от 08.07.2009.  
Бюллетень ВАК Украины № 8, 2009

## Рекомендовано

Ученым Советом  
протокол № 10 от 29.11.2011

**Свидетельство о государственной регистрации журнала**  
КВ № 17140-5910 ПР от 17.09.2010

## Адрес редакции и издательства:

Украина, 61145, г. Харьков, ул. Новгородская, 3-а,  
Технологический Центр  
**Тел.:** +38 (057) 750-89-90

**E-mail:** nauka@jet.com.ua

**Сайт:** <http://www.jet.com.ua>

Подписано в печать 30.11.2011 г. Формат 60 × 84 1/8.

Цена договорная.

Тираж 1000 экз.

Частичное или полное тиражирование любым способом  
материалов, опубликованных в этом издании, разрешается  
только с письменного согласия редакции

## Подписка:

оформляется через подписные агентства  
«Идея», «Периодика»  
«Саммит», «Меркурий»  
или через редакцию

УДК 628

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

**Ключові слова: математичний опис, питома швидкість, денітрифікація, біоскрubber 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

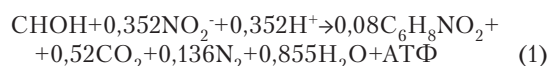
Кафедра охраны труда и окружающей среды

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 биоскрubberа 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 биоскрubberа [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/дм<sup>3</sup>;

$K_s$  – константа полунасыщения формальдегидом (ХПК) при денитрификации, мг/дм<sup>3</sup>;

$N$  – концентрация  $NO_3^-$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$K_N$  – константа полунасыщения  $NO_3^-$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$K_{O_2}$  – константа ингибирования процесса растворенным кислородом, мг/дм<sup>3</sup>;

$O_2$  – концентрация растворенного кислорода в воде, мг/дм<sup>3</sup>;

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

$T$  – температура, °С;

$\rho_{мад}$  – 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 <sup>3</sup>
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  $\frac{t}{\ln \frac{S_{0ф}}{S_{0ф}-P}}$  (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/дм<sup>3</sup>;

$P$  – продукт ( $CO_2+H_2O$ ), который образуется в результате окисления формальдегида в процессе денитрификации, г/дм<sup>3</sup>. 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 <sup>3</sup>	Прогнозная концентрация продуктов, мг/дм <sup>3</sup>
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/дм<sup>3</sup>·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/дм<sup>3</sup>).

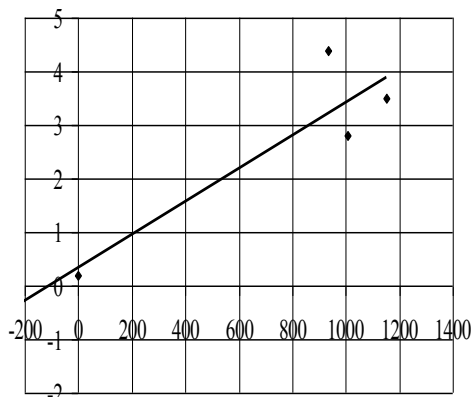


Рис. 1. Построение прямой в вспомогательных координатах для определения  $V_{\max д}$  и  $K_S$  детоксикации формальдегида путем денитрификации

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

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

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%.

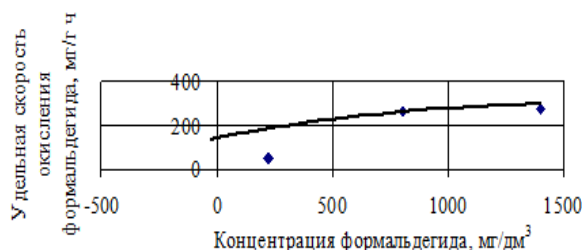


Рис. 2. Зависимость удельной скорости удаления формальдегида от концентрации формальдегида в среде

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 <sup>3</sup>	100-130 [3, 6], экспериментальные данные
$\mu_{Hmax}$	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 <sup>3</sup>	25[3, 6, 7]
$k_T$	сут <sup>-1</sup>	0,03
$K_{de}$	мг БПК/мг биомассы	0,024
$\alpha$	сут <sup>-1</sup>	0,9
$b_1$		0,24
$\eta$		0,8
арН		6,5; 5,5 9,5; 10,5 [2, 6]
$K_{O_2}$	мг/дм <sup>3</sup>	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. Свердлик А.А. Глубокая биологическая очистка сточных вод от соединений азота: Дис... канд. техн. наук: 05.23.04 / Свердлик 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