

**Таблица – Содержание токсичных элементов в водных вытяжках из образцов обожженного осадка при температуре 1100 градусов, г/л**

Содержание металлов в вытяжке	Fe	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Sr	Al
Водная вытяжка при pH=7	0,1	0,03	0,1	0,25	0,03	0,003	0,3	2,0	0,1
Водная вытяжка при pH=4,8	273	1,34	1,3	2,8	0,05	0,005	1,2	14,9	1584
Водная вытяжка при pH=9	0,2	0,05	0,2	0,5	0,05	0,003	0,5	5,1	45,5

Наилучшие показатели прочности и химической стойкости в водных вытяжках образцов керамического гравия, формовочная смесь которого состоит из осадка промстоков водоочистной станции. Удовлетворительные показатели химической стойкости керамического гравия получены также из формовочной смеси, состоящей из осадка промстоков водоочистной станции (по сухому веществу) – 50 % с добавкой керамической глины 50 % (по сухому веществу) и воды.

В результате аналитических исследований содержания токсичных элементов в водных вытяжках и удельной радиоактивности, по заключению «Аккредитованного испытательного центра» государственного предприятия «Крымстандартметрология» от 06.02.2006 г и согласно НРБУ–97 разрешается применение образцов щебня, изготовленного из осадка во всех видах строительства без ограничения.

УДК 662.628

## **ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТЕПЛОЙ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Гириль Николай<sup>2</sup>, Трач Юлия<sup>1</sup>, Гириль Анна<sup>1</sup>.*

*1 – Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина. e-mail: [m.m.girol@meta.ua](mailto:m.m.girol@meta.ua). 2 – Люблинский политехнический университет, Люблин, Польша.*

The problem of organic admixtures removal quite often appears in hot ( $t \approx 60^\circ\text{C}$ ) water treatment in carbonation units in schemes of recycling water supply of power objects. Existent technical solutions not always fulfill their duties. Use of bioreactors with floating filter bed can be the one of rational ways for solving the problem. Development of theoretic ground for such solutions will allow to determine analytically the rational conditions of researched process passing.

С целью рационального использования воды и энергоресурсов на спиртовых заводах для питания паровых котлов используют теплообменную воду, температура которой составляет  $55^\circ\text{C}$ . При движении в технологической схеме такая вода обогащается примесями различного происхождения, что обуславливает потребность в ее очистке перед Na – катионитовыми фильтрами [1, 2].

Одним из рациональных технологических приемов предшествующей Na – катионитовыми фильтрами очистки воды является применение фильтров с плавающим фильтрующим слоем, которые могут работать в режиме биореакторов.

На основании изучения и анализа механизмов и особенностей процесса фильтрования теплообменной воды нами выбрана математическая модель, описывающая процесс биохимического окисления примесей в фильтре при наличии достаточного количества кислорода [3-5].

Особенность выбранной модели состоит в том, что при учете кинетических процессов, для определенных параметров процесса фильтрования, рассчитывается значение высоты фильтрующего слоя. В этих условиях:

– нестационарное уравнение материального баланса массы субстрата для относительно неограниченного участка тонкого активного слоя биопленки и зерен фильтрующего слоя сферической формы имеет вид:

$$D_t \left( \frac{\partial^2 L}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial L}{\partial r} \right) - R_t = \frac{\partial L}{\partial t} \quad (1)$$

– запишем уравнение для перемещения субстрата к поверхности биопленки из объема жидкости (фильтра) через гидравлическую пленку (пограничный слой):

$$N_L = K_L (L_s - L) \quad (2)$$

– при этом нестационарное уравнение материального баланса для субстрата в объеме фильтра имеет вид:

$$n_c \frac{\partial L}{\partial t} = -v \frac{\partial L_s}{\partial z} - \frac{F_s}{F} K_L (L_s - L) \Big|_{z=0}, \quad (3)$$

где  $L, L_s$  – соответственно концентрации субстрата в биопленке и фильтре,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ;  $D_L$  – коэффициент молекулярной диффузии субстрата в биопленке  $\text{м}^2/\text{ч}$ ;  $R_t$  – скорость окисления органических веществ,  $\text{г}/(\text{м}^3/\text{ч})$ ;  $K_L$  – коэффициент массопереноса субстрата в гидравлической пленке,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $v$  – скорость фильтрования,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $F$  – площадь фильтра,  $\text{м}^2$ ;  $F_s$  – площадь поверхности биопленки на единицу высоты фильтра,  $\text{м}$ ;  $n_c$  – пористость фильтрующего слоя;  $\delta, \delta_n$  – соответственно толщины активной (азробной) биопленки и гидравлической пленки,  $\text{м}$ .

Решение системы дифференциальных уравнений выполнено для следующих граничных условий:

1) на поверхности разделения ( $r = R + \delta$ ) приток субстрата к биопленке равен притоку к ней через гидравлическую пленку:

$$D_L \frac{\partial L}{\partial r} = K_L (L_s - L) \Big|_{r=R+\delta} \quad ; \quad (4)$$

2) на поверхности распределения среды и биопленки ( $r = R$ ) принимается, что поступление субстрата в фильтрующий слой отсутствует и равно нулю:

$$D_L \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \Big|_{r=R} \quad (5)$$

Известно, что высоту фильтрующего слоя можно вычислить:

$$H = \frac{V}{A_o} \ln \frac{L_0}{L_{\text{max}}}, \quad (6)$$

где  $V$  – скорость фильтрования,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $A_o$  – параметр, учитывающий кинетику биохимических процессов в биологической пленке;  $L_0$  – концентрация органических веществ,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ;  $L_{\text{max}}$  – допустимая концентрация органических веществ в фильтрате,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ .

На основе анализа известных научных работ в области исследования кинетических процессов в биологической пленке [3, 4] в таблице приведен диапазон возможных значений упомянутых коэффициентов.

Числовые значения коэффициентов, приведенные в таблице, в некоторых случаях имеют широкий диапазон изменения, что свидетельствует о вероятной их зависимости от других факторов, обусловленных особенностью биохимических процессов при высоких температурах. Поэтому для расчета биофильтра важным является определение и обоснование числовых значений коэффициентов математической модели. Это можно осуществить путем установления их физической сути, определению возможных взаимосвязей с параметрами фильтрования.

Из имеющихся сведений [3-5] нами были обоснованы числовые значения коэффициентов математической модели, а именно – коэффициент диффузии  $D_L=2,65 \cdot 10^{-6}$ ,  $\mu_m=1,8 \text{ ч}^{-1}$ ,  $\delta=1,5 \cdot 10^{-4}$  м. Среднее значение  $Y$  составило 0,55 мг биомассы/мг, а среднее значение  $\delta_n$  было принято  $0,75 \cdot 10^{-4}$  м. Исследуя влияние скорости фильтрования и диаметра гранул пенополистирола на числовое значение коэффициента  $K_m$  и концентрацию биомассы  $X$ , нами была установлена их функциональная зависимость от параметров фильтрования. А именно:

**Числовые значения констант и коэффициентов**

№п/п	Коэффициент	Единица измерения	Числовой диапазон существования или формула расчета
1	Коэффициент трансформации субстрата к биомассе микроорганизмов	$Y$ , мг биомассы/мг ХПК	0,3-0,7
2	Концентрация активной части биомассы	$X$ , г/дм <sup>3</sup>	< 30
3	Константа полунасыщения по субстрату	$K_m$ , г ХПК/м <sup>3</sup>	10-30
4	Коэффициент молекулярной диффузии субстрата в биопленке	$D_L$ , м <sup>2</sup> /ч	$(1,25-3,0) \cdot 10^{-6}$
5	Толщина активной биопленки	$\delta$ , м	$(1-2) \cdot 10^{-4}$
6	Коэффициент массопереноса субстрата из жидкости в биопленку	$K_L$ , м/ч	0,025-0,08

$$K_m = 20 \cdot V^{-0,108} \quad (7)$$

$$X = 0,9 \cdot V^{0,37d^{0,14}} \quad (8)$$

Определение числовых значений эмпирических коэффициентов математической модели и их зависимости от параметров фильтрования позволяет осуществить расчет фильтра-биореактора для очистки теплообменной воды в спиртовом производстве. Расчет такого очистного сооружения сводится к определению рациональных значений скорости фильтрования, диаметра гранул пенополистирола и высоты фильтрующего слоя. От числовых значений вышеприведенных параметров, зависит размер самого фильтра-биореактора, размер помещения узла предварительной очистки теплообменной воды, высота помещения и длительность фильтрационного цикла.

## Вывод

При проектировании биореактора, с продолжительностью фильтроцикла 24 часа необходимая эффективность очистки теплообменной воды может быть достигнута при следующих значениях параметров:  $V=3,5-4,5$  м/ч,  $d=1,15-1,3$  мм,  $Y=0,3...0,7$  мг биомассы/мг ХПК,  $D_L=(1,25-3,0) \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/ч,  $\delta=(1-2) \cdot 10^{-4}$  м,  $K_L=0,025-0,08$  м/ч.

## Список использованных источников

- 1 Гироль, Н.Н. Опыт работы фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой в схемах очистки воды // Коммунальное хозяйство городов: зб. наук. праць. – К.: Техніка, 2003. С. 154 – 162.
- 2 Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры.–М.: Стройиздат, 1992. – 176 с.
- 3 Олейник, А.Я. Моделирование процессов доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод на фильтрах / А.Я. Олейник, Т.В. Василенко, С.А. Рыбаченко, Ихаб Ахмад Хамад // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – К. КНУБА, 2006. – Вип. 4. – С.67–68.
- 4 Хенце, М. Очистка сточных вод (Биологические и химические процессы); перев. с англ., к.т.н. Т.П. Мосоловой / Под ред. д.х.н., С.В. Каложного. – М.: Изд. «Мир», 2004. – 480 с.
- 5 Олейник, А.Я. Теоретические исследования фильтрационных процессов в пористых средах с изменяющимися водно-физическими свойствами // Прикладна гідромеханіка. – 2007, Т. 9. – № 2-3. – С.122–138.

УДК 662.628

## ОПЫТ РАБОТЫ ФИЛЬТРА С ПЛАВАЮЩИМ ФИЛЬТРУЮЩИМ СЛОЕМ В СХЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ВОДЫ НА ОАО "РИВНЕАЗОТ"

*Гироль Андрей, Якимчук Богдан*

*Национальный университет водного хозяйства и природопользование, г. Ровно, Украина [girol@meta.ua](mailto:girol@meta.ua)*

Replacement of filters with quartz bed in the decarbonization flowsheet by filters with floating filter bed, equipped with system of air-water flushing, ensures necessary treatment and sustained operation.

Существующая на ОАО "Ривнеазот" технологическая схема станции очистки декарбонизированных вод состояла из блока осветлителей, реагентного хозяйства и фильтров с загрузкой из кварцевого песка. Качество воды после осветлителей в течение года характеризуется значительными колебаниями содержания взвешенных веществ (4-20 мг/л), соледержания (170-250 мг/л), щелочности (1,2-1,4), солей жесткости (1,5 – 2,4 мг-экв/л) и значительным изменением других параметров. Такое непостоянство параметров качества воды обусловлено их изменением в источнике водоснабжения, изменением температуры окружающей среды, возможной нестабильностью работы реагентного хозяйства и непостоянством других факторов. Нестабильность качества воды, поступающей

268