

УДК 628.16.06

**А. В. ЖИБОЕДОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬТРОВАНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТКАНЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ РАБОТЕ В СИСТЕМАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

В статье рассмотрены вопросы параметров фильтрации и регенерации нетканых микромембран. Определена область применения этих материалов, приведена конструкция установки для удаления взвешенных веществ из биологически очищенных сточных вод. Приведены результаты экспериментов по определению параметров работы сооружений доочистки сточных вод от взвешенных веществ. Получены зависимости для интегральной скорости фильтрации. Выявлены основные факторы, влияющие на эффективность регенерации синтетических нетканых микромембран.

**доочистки сточных вод, фильтрации, вакуумная регенерация**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Водно-хозяйственный комплекс Украины в настоящее время требует разработки и внедрения технологий очистки хозяйственно-бытовых сточных малых производительностей, отвечающих современным требованиям экологической безопасности [1]. Такая ситуация сложилась в первую очередь из-за недостатка финансирования природоохранных мероприятий при значительной стоимости реконструкции существующих станций очистки сточных вод и строительства новых. Отсюда вытекает необходимость разработки и внедрения современных экономически и технологически эффективных технологий очистки сточных вод. Особенно это касается станций малой производительности, поскольку именно они являются наиболее проблемным участком не только в отечественной, но и в мировой практике очистки сточных вод [2].

Существующие методы химической и биологической очистки не всегда позволяют достигнуть необходимого качества очищаемых сточных вод. В настоящее время огромное внимание уделяется биомембранным технологиям для очистки бытовых сточных вод. Использование биомембранного метода очистки позволяет достигнуть высокого качества очистки сточных вод по взвешенным веществам, азоту аммонийному, БПК и ХПК. Но наряду с преимуществами очистки на биомембранных реакторах этот метод имеет ряд недостатков: значительные капитальные затраты из-за высокой стоимости мембран, затраты электроэнергии на преодоление градиента давления при регенерации. Но с появлением микрофильтрационных мембран нового поколения есть необходимость в поиске альтернативных материалов для использования в биомембранных технологиях очистки сточных вод в Украине.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Целью данной работы является определение технологических параметров фильтрации и регенерации синтетических тканевых материалов, применяемых в качестве микромембран для доочистки биологически очищенных сточных вод.

#### *Место синтетических микромембран в системах биологической очистки сточных вод*

Современные методы очистки сточных вод для станций малой производительности включают в себя компактные биореакторы, позволяющие протекать процессам биологического изъятия органических примесей и биогенных элементов в условиях изменяющейся концентрации кислорода [3, 4].

© А. В. Жибоедов, 2013

Технологии, подобные приведенным в [3] – биореакторы с эрлифтной системой аэрации (за рубежом также известные как «gas-loop reactors» [5]) представляют из себя полный цикл биологической очистки, который позволяет с высокой эффективностью удалять из сточной жидкости соединения азота и органические вещества в компактных сооружениях.

Наряду с очевидными преимуществами данной технологии ей также присущи некоторые недостатки, а именно: в сооружении создается высокая турбулизация потока, которая положительно влияет на массообменные процессы в системе активного ила, но именно за счет такой гидродинамики потока в сооружении может наблюдаться вынос взвешенных веществ из него. То есть биореакторы с затопленной эрлифтной системой аэрации обеспечивают глубокую степень очистки по растворенным примесям и нуждаются в последующей доочистке сточных вод именно по взвешенным веществам.

Собственные исследования показали, что вынос взвешенных веществ из аэротенка-отстойника с эрлифтной системой аэрации колеблется в пределах 15–25 мг/л.

Для доочистки сточных вод по взвешенным веществам могут применяться следующие методы: фильтрование через сетчатые перегородки или зернистые загрузки; доочистка в биопрудах и на биоплато; реагентная очистка с последующим осветлением сточных вод в отстойниках, осветлителях, фильтрах с зернистой загрузкой; сорбция загрязнений на активированном угле; ультрафильтрация и микрофильтрация.

Детальный анализ приведенных методов показал, что, с точки зрения доочистки сточных вод исключительно от взвешенных веществ, наиболее рациональным является метод микромембранного фильтрования. При этом не обеспечивается полное изъятие микроорганизмов и сточная жидкость после доочистки все еще нуждается в обеззараживании, однако хлопья активного ила позволяют снизить концентрацию взвешенных веществ в фильтрате до допустимых пределов.

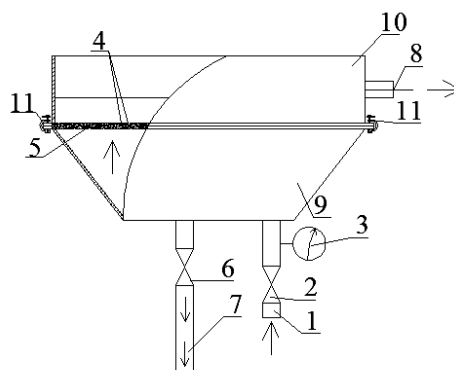
Особенностью работы сооружений микромембранной фильтрации в условиях доочистки сточных вод на биореакторах с эрлифтной системой аэрации являются низкие концентрации поступающих на мембрану загрязнений. Именно этот факт отличает предлагаемый и исследуемый метод доочистки от известных и приобретающих в настоящее время широкое распространение «мембранных биореакторов».

В отличие от микромембран в биореакторах синтетические тканевые материалы в системах доочистки сточных вод могут работать на более высоких гидравлических нагрузках, что позволит значительно снизить площадь сооружений в соответствии с задачами, стоящими перед компактными очистными станциями малой производительности.

В соответствие с вышеизложенным, актуальным является определение параметров работы (фильтрования и регенерации) синтетических тканевых мембран в системах доочистки сточных вод после сооружений биологической очистки в реакторах эрлифтного типа.

#### *Описание установки*

Для выявления основных закономерностей процесса фильтрования и регенерации фильтров доочистки из синтетических тканевых материалов сконструирована полупромышленная установка (рис. 1), защищенная впоследствии Патентом Украины [6].



**Рисунок 1** – Схема установки доочистки сточных вод от взвешенных веществ: 1 – подающий трубопровод; 2 – запорная арматура; 3 – манометр; 4 – жесткий каркас фильтрующего элемента; 5 – фильтрующий элемент; 6 – запорная арматура; 7 – трубопровод вакуумной регенерационной системы; 8 – патрубок очищенной воды; 9 – корпус; 10 – крышка; 11 – быстросъемное соединение.

Устройство работает следующим образом. Загрязненная жидкость по напорному подающему патрубку 1 подается в корпус 9, в котором расположен гибкий фильтрующий элемент 5, который установлен между двумя жесткими каркасами 4 и стягивается быстросъемными соединениями 11. Фильтрация осуществляется снизу-вверх, осадок накапливается в корпусе 9 и на нижней поверхности фильтрующего элемента 5. Проходя через фильтрующий элемент 5, жидкость очищается от взвешенных частиц и поступает в верхнюю крышку 10 и через патрубок очищенной воды 8 отводится от фильтра. Время регенерации наступает после достижения критического сопротивления на фильтрующем элементе и определяется по манометру 3.

После прекращения процесса фильтрации через фильтрующий элемент 5 производится его регенерация, перекрывается запорная арматура 2, а открывается запорная арматура 6 и по регенерационному трубопроводу 12 с помощью вакуумной системы 7 отводятся накопления взвешенных веществ из фильтра.

В качестве фильтрующего материала в данном аппарате использовано иглопробивное полотно из лавсана [7].

#### Параметры процесса фильтрации через иглопробивное полотно

Для определения основных параметров процесса фильтрации проведен полный факторный эксперимент, основной зависимостью которого являлась функция:

$$q = f(H; \tau; C), \quad (1)$$

где  $H$  – напор на фильтрующем элементе [м],  
 $\tau$  – продолжительность фильтроцикла [мин],  
 $C$  – исходная концентрация [г/м<sup>3</sup>],  
 $q$  – гидравлическая нагрузка [м/ч].

В ходе экспериментов влияющие параметры варьировались в следующих пределах: напор на фильтрующей перегородке – 1...4 м.вод.ст., концентрация взвешенных веществ, поступающих на фильтр – 10...50 мг/л, продолжительность фильтроцикла – 5...10 мин.

В результате статистической обработки результатов экспериментов получено уравнение регрессии зависимости (1) (рис. 2):

$$V = e^{-0,037C + 0,25H - 1,57\tau + 6,4}. \quad (2)$$

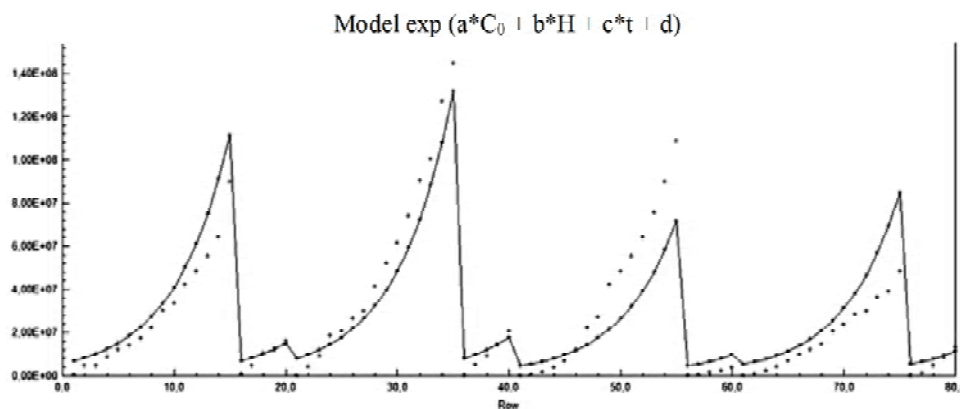


Рисунок 2 – Графическое отображение аппроксимации зависимости  $q = f(H; \tau; C)$ .

Статистическая обработка результатов экспериментов показала достоверность полученной зависимости с коэффициентом корреляции 84 %.

Поскольку гидравлическая нагрузка на микромембрану изменяется в течение фильтроцикла, данную характеристику рационально представить в форме интегральной скорости фильтрации  $V_{cc}$ .

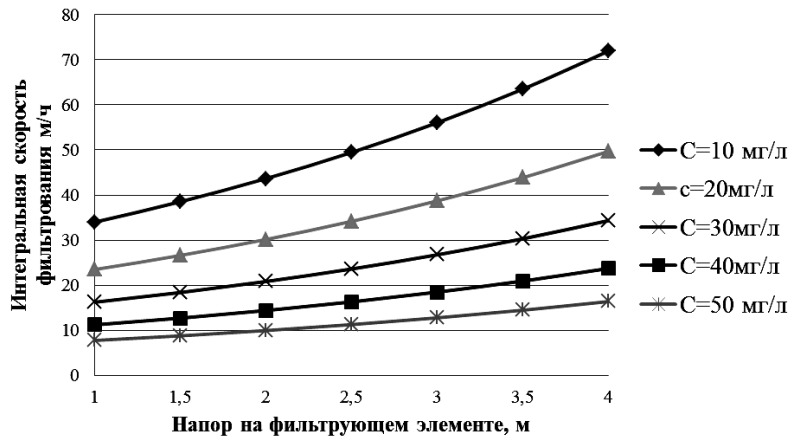
Интегрируя выражение (2) по  $d\tau$  методом подстановки, получаем формулу определения интегральной скорости фильтрации:

$$V_{cc} = \frac{1}{1,57T} (e^j - e^{j-1,57T}); \quad (3)$$

$$j = 6,4 - 0,037C + 0,25H; \quad (4)$$

$T$  – продолжительность фильтроцикла [мин];  
 $C$  – исходная концентрация [мг/дм<sup>3</sup>];  
 $H$  – напор на фильтрующем элементе [м].

На основании полученного уравнения (3) графически можно представить зависимость интегральной скорости фильтрования от напора на фильтрующем элементе и концентрации взвешенных веществ в исходной жидкости, которую рекомендуется использовать при расчете сооружений по доочистке биологически очищенных сточных вод (рис. 3).



**Рисунок 3** – Изменение интегральной скорости фильтрования в зависимости от напора и концентрации взвешенных веществ в исходной жидкости при продолжительности фильтроцикла 10 минут.

Приведенными данными следует руководствоваться при расчете и подборе фильтрующего элемента из синтетического нетканого иглопробивного полотна, работающего на доочистке сточных вод от взвешенных веществ.

#### Параметры регенерации иглопробивного полотна

Вакуумный метод регенерации выбран на основании предварительных исследований восстановления фильтрующей способности синтетических нетканых элементов [8]. В качестве исследуемых параметров определены:

$\Phi$  – эффективность регенерации, %;  
 $\tau_{\text{пром}}$  – время промывки [с];  
 $h$  – напор над фильтрующей загрузкой [см];  
 $P_{\text{вак}}$  – вакуумметрическое давление при регенерации [Па].

В ходе исследования определено, что решающее влияние на эффективность промывки оказывает вакуумметрическое давление при регенерации. Напор над фильтрующей загрузкой влияния на эффективность регенерации не оказывает, основным условием в данном случае является сам факт наличия некоторого слоя воды над фильтрующим элементом.

Продолжительность промывки аналогично должна обеспечивать лишь проход слоя воды через фильтрующую загрузку обратным током. Дальнейшее увеличение продолжительности регенерации никаких изменений в параметры промывки не вносит.

Величина вакуумметрического давления является определяющим фактором, который напрямую влияет на скорость прохождения жидкости через перегородку и зависит от гидродинамических параметров системы регенерации.

### ВЫВОДЫ

Синтетические микромембраны можно использовать для доочистки от взвешенных веществ биологически очищенных сточных вод после биореакторов с затопленной эрлифтной системой аэрации.

В этом случае микромембраны работают на низких нагрузках по взвешенным веществам, что позволяет увеличить гидравлическую нагрузку. Получены экспериментальные зависимости для расчета микромембран из синтетического иглопробивного полотна, предложен способ регенерации таких мембран.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році [Текст] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К. : МРРБЖКГ, 2013. – 450 с.
2. Шумаков, Ф. Т. Космический мониторинг евтрофирования водных ресурсов Украины [Текст] / Ф. Т. Шумаков // Коммунальное хозяйство городов : научно-технический сборник. – К. : КХГ, 2007. – № 79. – С. 217–231.
3. Нездойминов, В. І. Одномулова нітрифікація – денітрифікація в біологічних реакторах с затопленою ерліфтною системою аерації [Текст] : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук / В. І. Нездойминов. – М. : ДонНАБА, 2013. – 40 с.
4. Шаповал, О. Є. Компактні очисні споруди в практиці очищення стічних вод [Текст] / О. Є. Шаповал, В. В. Кравець, А. О. Дичко // Реконструкція житла : Збірник наукових праць. – К. : НДІпроектреконструкція, 2005. – Випуск 6. – С. 352–361.
5. Simultaneous nitrification-denitrification achieved by an innovative internal-loop airlift MBR: Comparative study [Текст] / Y. Z. Li, Y. L. He, D. G. Ohandja, J. Ji, J. F. Li, T. Zhou // Bioresource Technology. – 2008. – 99. – P. 5867–5872.
6. Пат. 81335 Україна, МПК В01D 29/11. Тканинний фільтр [Текст] / В. І. Нездойминов, О. В. Жибоедов, В. М. Усенко ; власники В. І. Нездойминов, О. В. Жибоедов, В. М. Усенко. – № u 2013 00626 ; заявл. 18.01.2013 ; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 4 с.
7. Жибоедов, А. В. Применение тканевых материалов в доочистке бытовых сточных вод. [Текст] / А. В. Жибоедов, В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Науковий вісник будівництва ХДТУБА. – Х. : ХОТВ АБУ, 2010. – № 57. – С. 336–340.
8. Жибоедов, А. В. Применение синтетических тканевых материалов в доочистке бытовых сточных вод [Текст] / А. В. Жибоедов // Збірник тез доповідей III міжнарод. конф. «Науково-технічне та організаційно-економічне сприяння реформам у будівництві і житлово-комунальному господарстві. Ч. 1 / Мін. освіти і науки, молоді та спорту [та інш.]. – Макіївка : [б. в.], 2012. – С. 64–66.

Получено 26.09.2013

**О. В. ЖИБОЕДОВ**  
**ПАРАМЕТРИ ФІЛЬТРУВАННЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ СИНТЕТИЧНИХ**  
**ТКАНИННИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЇХ РОБОТІ В СИСТЕМАХ**  
**БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті питання параметрів фільтрування та регенерації нетканних мікромембран. Визначена область застосування цих матеріалів, наведена конструкція установки для видалення зважених речовин з біологічно очищених стічних вод. Наведені результати експериментів з визначення параметрів роботи споруд доочищення стічних вод від зважених речовин. Отримано залежність для інтегральної швидкості фільтрування. Виявлено основні фактори, що впливають на ефективність регенерації синтетичних нетканних мікромембран.

**доочищення стічних вод, фільтрування, вакуумна регенерація**

**ALEXANDR ZHIBOEDOV**  
**FILTERING AND REGENERATION OPTIONS OF SYNTHETIC TISSUE**  
**MATERIALS FOR THEIR WORK IN SYSTEMS SEWAGE TREATMENT PLANTS**  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper deals with the parameters of nonwoven micro membrane filtration and regeneration. An area of these materials application, a construction of plants for the removal of suspended solids from biologically treated wastewater is defined. The results of experiments for determination parameters of the plant

purification of waste water from suspended solids are shown. An expression for the integrated filtration rate and the main factors affecting the efficiency of the regeneration of non-woven synthetic micro membrane are defined.

**tertiary treatment, filtration, vacuum regeneration**

**Жибоедов Олександр Вікторович** – аспірант, асистент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: застосування синтетичних тканинних матеріалів в очищенні побутових стічних вод.

**Жибоедов Александр Викторович** – аспирант, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: применение синтетических тканевых материалов в очистке бытовых сточных вод.

**Zhiboedov Alexandr** – a post-graduate student, assistant, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of synthetic fabric materials for wastewater treatment.