

М. В. Кузнецова, аспирант; Н. С. Ручай, доцент; О. В. Афанасенко, студентка

## СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРОВ

The process of toxic compounds' insert by sorption in synthetic fibers production wastewater has been investigated. The extent of sorption by different sorbents for acetonitrile, methylacrylate and acrylonitrile has been determined. The possibility of the using the biosorption method for wastewater treatment of the polymer production has been shown.

Технология производства синтетических волокон и полимеров сопровождается образованием сточной воды, содержащей токсичные органические вещества. Большинство этих токсичных соединений трудно окисляются биологически, и высокое содержание их в сточной воде негативно влияет на жизнедеятельность биоценоза активного ила биоочистных сооружений.

Классическая технология очистки сброса предприятий производства полимеров путем аэробной обработки в смеси с бытовыми сточными водами связана с большими энергетическими затратами и нарушением стабильности функционирования очистных сооружений при резком увеличении содержания токсичных веществ в производственной сточной воде (залповые сбросы), что приводит к снижению качества очистки.

В связи с ужесточением требований к уровню загрязненности сбрасываемой в канализационную сеть сточной воды предприятия нуждаются в высокоэффективных, компактных установках для локальной очистки сброса.

В последние годы зарубежными исследователями опубликована информация о высокой эффективности биоочистных систем, базирующихся на совмещении процессов сорбции загрязнений и биохимического окисления их микроорганизмами, иммобилизованными на сорбенте [1, 2]. Этот комбинированный метод очистки сточной воды получил название «биосорбционный метод». Считают, что биосорбционный процесс деструкции загрязнений протекает через следующие стадии: адсорбция загрязнений из воды в микропористой структуре сорбента; биохимическая модификация адсорбированных трудноокисляемых веществ в биоразлагаемую форму экзоферментами, иммобилизованными в микропористой структуре сорбента; биологическое окисление этих продуктов микроорганизмами биопленки на поверхности частиц сорбента. Отличительная особенность этого метода состоит в непрерывной биологической регенерации сорбента, что позволяет использовать его в течение длительного времени без применения других дорогостоящих методов регенерации.

Цель настоящей работы состоит в исследовании применимости биосорбционного метода для очистки сточной воды ОАО «Полимир».

Объектом исследования являлись модельные 0,3%-ные растворы соединений, наиболее характерных для сточной воды производства, — ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата.

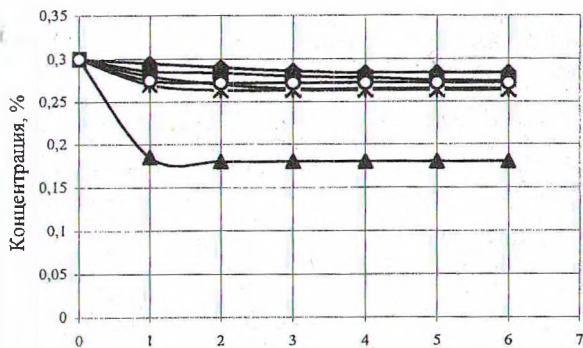
Эксперимент проводили в несколько этапов: подбор сорбентов-носителей с высокой сорбционной способностью по отношению к исследуемым соединениям и клеткам микроорганизмов — деструкторов загрязнений; отбор бактериальных культур, способных ассимилировать токсичные соединения сточной воды как источник углерода; определение эффективности удаления соединений из водной среды сорбентами в присутствии бактериальных клеток.

В качестве сорбентов, являющихся одновременно носителями для иммобилизации клеток, использовали синтетическое волокно нитрон алый, уголь активированный марки АГ-5, углеродное волокно бусофит БТ-7, полиамидное волокно в виде насадки «ВИЯ», углеродное волокно увисорб У-6М, березовый активированный уголь БАУ технический. Выбор носителей производили исходя из имеющихся в литературе сведений [3] и собственных предположений. Все серии экспериментов проводили в идентичных условиях.

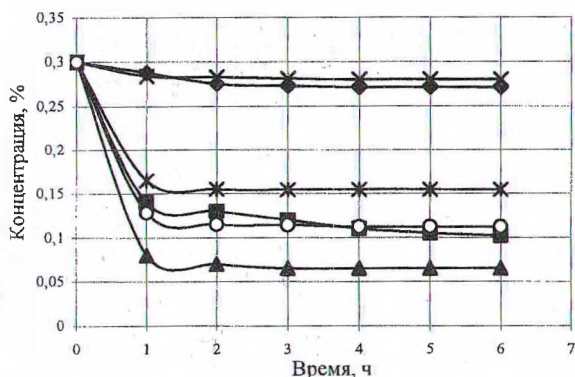
Процесс сорбции химических соединений и иммобилизации клеток на носителях исследовали в качалочных колбах, используя модельные водные растворы исследуемых веществ и клетки бактерий *Pseudomonas aeruginosa*.

Содержание ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата в водной среде определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе ЛХМ-8МД с детектором по ионизации в пламени. Использовали микронабивную колонку длиной 1,5 м с неподвижной фазой ПЭГ-600, температура колонки 100°C, расход газа-носителя (гелия) — 35 мл/мин. Идентификацию компонентов проводили методом «метки». Результаты исследования приведены на рис. 1.

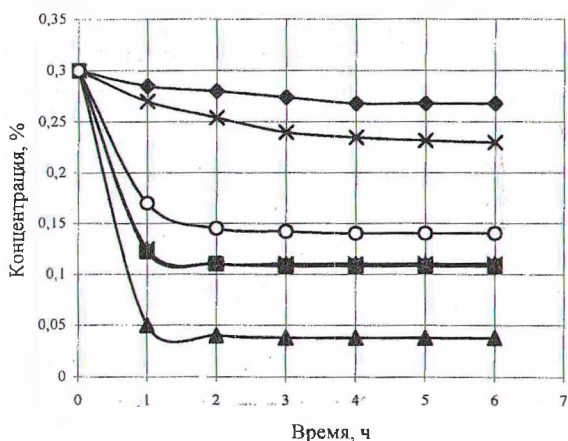
Результаты экспериментов свидетельствуют, что носители сильно различаются по способности к сорбции исследуемых соединений (табл. 1). Наименьшей сорбционной способностью обладает волокно нитрон алый и полиамидное волокно насадка «ВИЯ» (6–11% от исходного количества соединения в растворе). Значительно хуже других соединений извлекается сорбентами из водных растворов ацетонитрил. Эффективность сорбции соединений возрастает в ряду ацетонитрил — нитрил акриловой кислоты — метилакрилат, а наилучшими сорбентами показали себя углеродные волокна и активированные угли. Эффективность сорбции соединений коррелирует с увеличением их молекулярной массы и со снижением растворимости соединений в воде.



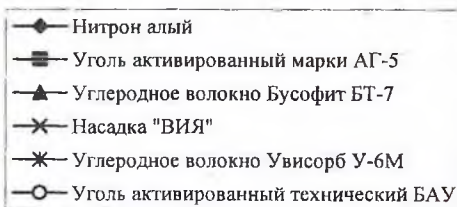
а



б



в



в

Рис. 1. Динамика сорбции носителем:  
а – ацетонитрила;  
б – нитрила акриловой кислоты;  
в – метилакрилата

Оценку сорбционной способности носителей по микробным клеткам осуществляли ис-

ходя из изменения оптической плотности суспензии клеток бактерий рода *Pseudomonas* и прироста сухой массы образца носителя. Динамику сорбции клеток носителем контролировали по изменению оптической плотности суспензии на фотоэлектроколориметре КФК-3 при длине волны  $\lambda = 530$  нм и толщине поглощающего слоя кюветы 1 см. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

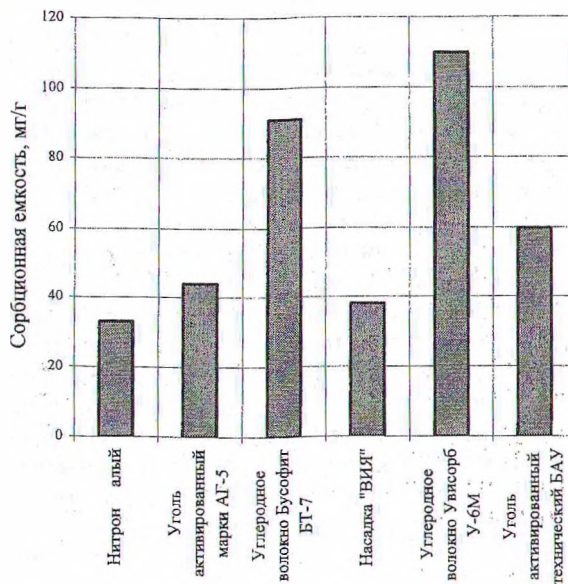


Рис. 2. Сорбционная емкость носителей по клеточной массе бактерий рода *Pseudomonas*

На основании оценки изменения оптической плотности микробной суспензии, прироста массы носителей, а также степени сорбции исследуемых соединений для дальнейших экспериментов отобраны четыре наиболее эффективных носителя – углеродные волокна БТ-7 и У-6М, активированные угли АГ-5 и БАУ. Сорбционная емкость углеродных волокон по сухой массе микробных клеток составила 88–110 мг/г, для активированных углей – 44–60 мг/г.

Для определения эффективности сорбционного извлечения исследуемых соединений из водной среды в присутствии микробных клеток произвели отбор бактериальных культур, способных использовать исследуемые вещества в качестве источника углерода. Отбор культур (табл. 2) производили на агаризованной синтетической питательной среде (солевой концентрат М9 и водный агар в соотношении 1 : 3), содержащей 0,2% соответствующего исследуемого вещества. Для последующих экспериментов использовали ассоциацию культур *Pseudomonas aeruginosa* и *Rhodococcus rhodochrous*.

Эффективность сорбции (%) ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата на носителе

Соединение	Носитель					
	Нитрон алый	Уголь активированный технический АГ-5	Углеродное волокно бусофит БТ-7	Насадка «ВИЯ»	Углеродное волокно увисорб У-6М	Уголь активированный технический БАУ
Ацетонитрил	6,0	8,7	40,0	11,3	11,3	8,7
Нитрил акриловой кислоты	9,3	66,0	78,0	6,7	44,7	62,0
Метилакрилат	10,7	64,0	88,0	24,0	63,3	53,3

Процесс удаления соединений из водной фазы сорбентами в присутствии клеток бактерий рода *Pseudomonas* и *Rhodococcus* моделировали, используя синтетические питательные среды на основе разбавленного дистиллированной водой солевого раствора М9, содержащие в качестве источника углерода ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты и метилакрилат в концентрации 0,3%. Установлено, что присутствие микроорганизмов-деструкторов увеличивает степень удаления ацетонитрила (на 4–20%), метилакрилата (на 2–9%), снижает степень извлечения нитрила акриловой кислоты (на 11–33%) (рис. 3). Присутствие клеток влияет также на время установления динамического равновесия в системе, увеличивая его с 1 до 2–4 ч (рис. 4).

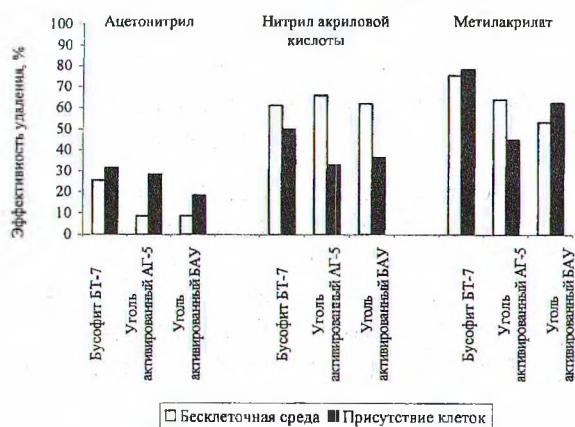


Рис. 3. Сравнение эффективности сорбции ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата носителем в присутствии клеток микроорганизмов и в бесклеточной среде

Полученные результаты экспериментов могут быть объяснены конкурентной сорбцией клеток и органических соединений на сорбентах, а также частичной деструкцией соединений, более доступных для бактериальных клеток. Проведенные исследования показали, что для создания биосистемы с иммобилизованными микроорганизмами, обеспечивающими эффективную деструкцию токсичных соединений сточной воды производства полимеров, целесообразно использовать в качестве носителя углеродные волокна и активированные угли, которые непосредственно участвуют в сорбционном извлечении токсичных соединений из сточной воды.

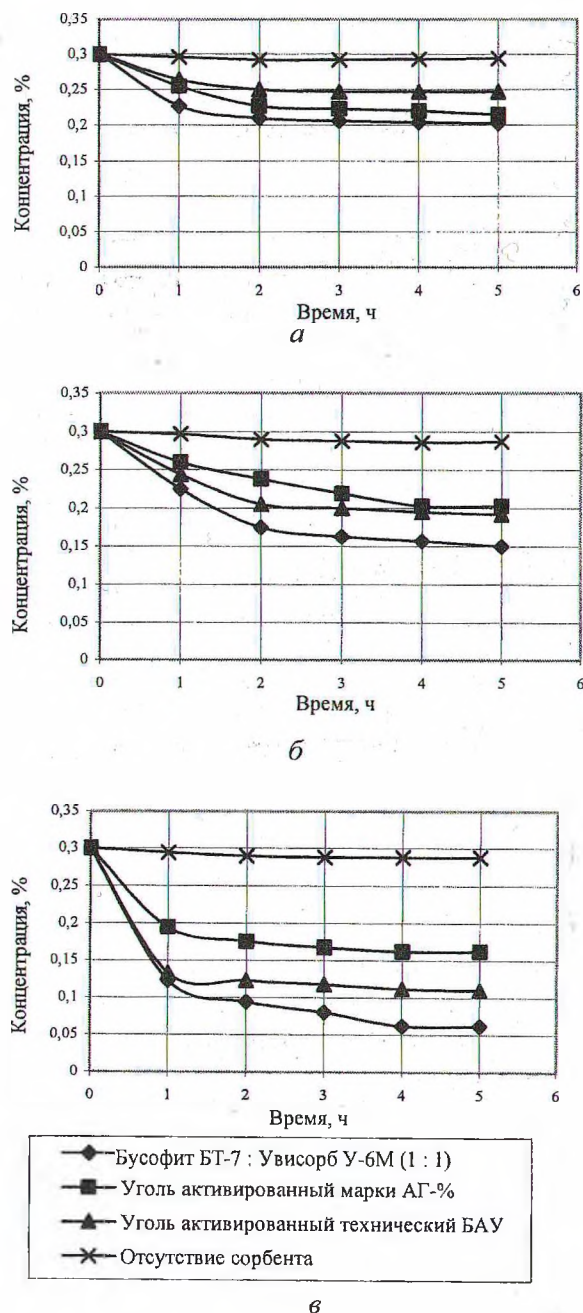


Рис. 4. Динамика сорбции носителем в присутствии клеток *Pseudomonas aeruginosa* и *Rhodococcus rhodochrous*: а – ацетонитрила; б – нитрила акриловой кислоты; в – метилакрилата

## Рост исследуемых бактериальных культур на плотной синтетической среде

Источник углерода	Рост на среде (3 сут)			
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas fluorescense</i>	<i>Rhodococcus opacus</i>	<i>Rhodococcus rhodochrous</i>
Ацетонитрил	+	+	++	++
Нитрил акриловой кислоты	+	+	+	++
Метилакрилат	0	0	++	++
Глюкоза	+++	+++	++	++

Указанные сорбенты обеспечивают эффективную сорбцию из водной среды как органических соединений, так и клеток микроорганизмов – деструкторов этих соединений, что предполагает возможность длительного использования сорбентов в результате их микробиологической регенерации.

## Литература

1. Швецов В. Н., Морозова К. М. Биосорбенты – перспективные сооружения для глубокой

очистки природных и сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника, 1993. – № 1. – С. 8–11.

2. Швецов В. Н., Яковлев С. Я., Морозова К. М., Нечаев И. А., Миркис В. И. Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорбентах // Водоснабжение и санитарная техника, 1995. – № 11. – С. 6–9.

3. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.