



имеет перфорированный цилиндр для волокна, при циркуляции реакционного раствора через слой волокна. Этот же технологический принцип предложен и для проведения стадии аминирования привитого сополимера, продуктом которой является хемосорбционное волокно.

Для нахождения условий, обеспечивающих получение хемосорбционных волокон с высокой статической обменной емкостью (СОЕ), нами исследовано влия-

ние концентрации этаноламина и типа растворителя на выходные параметры процесса, результаты которых приведены в табл. 1. Показано, что с повышением концентрации ионогенного модификатора увеличивается конверсия оксирановых групп и содержание аминного азота в модифицированном волокне, что позволяет получить волокно с  $COE_{HCl}$  на уровне 2,5 ммоль/г.

Т а б л и ц а 1

Растворитель	Концентрация этаноламина, моль/л	Конверсия оксирановых групп, %	Содержание аминного азота, %	$COE_{HCl}$ , ммоль/г
Вода	2	38	2,7	1,93
	4	43	3,08	2,2
Диметилформамид	2	40	2,87	2,05
	4	50	3,57	2,55

П р и м е ч а н и е. Состав привитого сополимера: ПА – 56%, ПГМА – 44%;  $t = 80^{\circ}C$ ;  $\tau = 60$  мин.

Наблюдаемое увеличение содержания аминного азота при проведении реакции в среде апротонного растворителя связано с улучшением диффузии моноэтаноламина в волокно вследствие набухания полимера и повышения нуклеофильности аминогрупп модификатора.

В результате химического модифицирования волокна происходит увеличение линейной плотности, обусловленное увеличением диаметра волокна (табл.2) без существенного изменения его длины (коэффициент вариации по длине не превышает 2...3%). По прочностным показателям модифицированные волокна отличаются от исходного, в частности, хемосорб-

ционное волокно имеет более низкие значения абсолютной и относительной разрывной нагрузки, что связано с увеличением линейной плотности, а также с изменением структуры волокнообразующего полимера. Однако следует отметить, что уровень прочностных свойств полученного хемосорбционного волокна выше, чем известных хемосорбционных волокон Вион (5...10 сН/текс) [1]. Коэффициент вариации по разрывной нагрузке и удлинению волокнистого хемосорбента (19,3 и 17,8% соответственно) указывают на относительно равномерное распределение полимера модификатора в волокне.

Т а б л и ц а 2

Волокно	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Прочность, сН/текс	Усадка, %	Удлинение, %
ПА	0,20	7,8	39	5,3	44
ПА-ПГМА	0,45	9,9	22	2,9	27
Хемосорбционное волокно	0,5	6,0	12	0,7	15

Наблюдаемое снижение деформационных свойств может быть следствием образования межмолекулярных ковалентных связей в процессе частичного раскрытия оксирановых групп (для волокна ПА-ПГМА) и превращения привитого полимера в условиях аминирования в пространственно сшитый, благодаря бифункциональ-

ности моноэтаноламина.

На рис. 1 представлены кинетические кривые сорбции паров воды. Сорбцию проводили при комнатной температуре и влажности воздуха на уровне 65% (кривые 1,2,3) и 97% (кривая 4). Для выявления влияния функционально-активных аминогрупп хемосорбционного волокна на

влагопоглощение параллельно оценивали гигроскопичность исходного полиамидного волокна (кривая 2) и модифицированного прививкой полиглицидилметакрилата (кривая 1). Из кинетических кривых видно, что на первой стадии сорбции паров воды все исследуемые волокна имеют близкие показатели влагосодержания, что свидетельствует о протекании капиллярной адсорбции. С увеличением продолжительности характер кривых изменяется. Вследствие прививки гидрофобного полиглицидилметакрилата к полиамидному волокну количество сорбированной влаги умень-

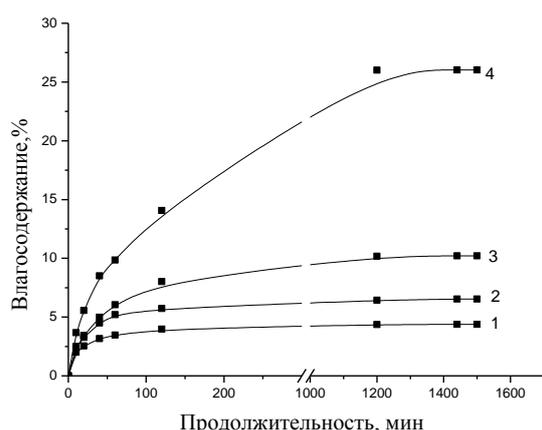


Рис. 1

Исследована возможность сорбции кислых газов на примере паров соляной кислоты. Сорбцию проводили при комнатной температуре в эксикаторе, насыщенном парами соляной кислоты. Полученные результаты в виде кинетических кривых сорбции паров HCl представлены на рис. 2, где кривая 1 характеризует сорбцию HCl хемосорбционным волокном, а кривая 2 – полиамидным волокном, модифицированным привитым полиглицидилметакрилатом. Как видно, модифицированные полиамидные волокна обладают большим сродством к HCl, что обеспечивает адсорбцию паров соляной кислоты на уровне 950...1100 мг/г. При этом, несмотря на высокую сорбционную емкость волокон паров HCl, образцы модифицированных полиамидных волокон сохраняют волокнистое строение, в то время как полиамид-

шается примерно в 1,5 раза по сравнению с исходным. Что касается хемосорбционного волокна (кривые 3,4), то благодаря изменению функционального состава полиамидного волокна в результате модификации (введению амино- и гидроксильных групп) его влагосодержание существенно возрастает и в условиях равновесия составляет 10,2 и 26,0% при относительной влажности воздуха 65 и 97% соответственно. Повышенная способность к влагопоглощению будет благоприятно сказываться на проведении хемосорбционных процессов.

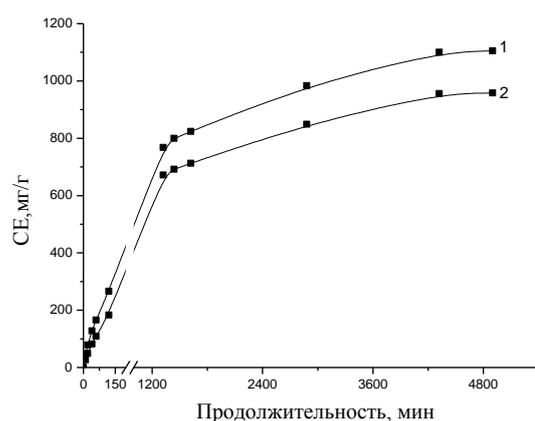


Рис. 2

ное волокно в аналогичных условиях полностью теряет форму волокна, превращаясь в гель.

Согласно данным химического анализа содержание оксиановых групп в волокне ПА-ПГМА после сорбции HCl снижается с 11,23 до 7,96%, что указывает на участие адсорбированных паров соляной кислоты в реакции взаимодействия с оксиановыми группами привитого ПГМА. Однако проведенные расчеты с учетом содержания функционально-активных групп в модифицированных полимерных волокнах показали, что в данном процессе превалирует физическая адсорбция HCl.

Высокие кинетические и емкостные показатели модифицированного хемосорбционного волокна при сорбции HCl указывают на возможность его использования в качестве фильтрующих элементов

в многослойных фильтрах для средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Наличие в хемосорбционном волокне слабоосновных аминогрупп, с электродонными свойствами, обуславливает возможность их участия в комплексообразовании с ионами тяжелых металлов [2], [3]. В связи с этим проведена оценка сорбционной активности полученного хемосорбционного волокна по отношению к экотоксичным ионам кадмия. Показано, что сорбционная емкость волокна по  $\text{Cd}^{2+}$  составляет 67 мг/г и волокнистый хемосорбент обеспечивает высокую степень извлечения (около 98%) из разбавленных растворов (с концентрацией 0,5...1 ммоль/л).

Проведенные исследования позволяют рекомендовать полученное хемосорбционное волокно для использования в средствах аналитического контроля при мониторинге за содержанием ионов кадмия в природных водах, особенно в местах, располагающихся вблизи сбросов технологических стоков, в том числе и после их очистки.

## ВЫВОДЫ

1. С использованием метода химического модифицирования получено хемосорбционное полиамидное волокно, содержащее функционально-активные аминно- и гидроксильные группы, с СОЕ нс1 2,5 ммоль/г.

2. Охарактеризованы физико-механические и сорбционные свойства хемосорбционного волокна. Установлено, что волокно способно улавливать экотоксичные ионы кадмия из водных сред и пары соляной кислоты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зверев М.П., Абдулхакова З.З.* Волокнистые хемосорбенты. – М.: Народный учитель, 2001.
2. *Дружинина Т.В., Абалдуева Е.А., Струганова М.А.* // Журнал прикладной химии. – 2006, т. 79, №11. С. 1883...1889.
3. *Абалдуева Е.В., Дружинина Т.В.* // Химическая технология. – 2005, №12. С.41...46.

Рекомендована кафедрой технологии химических волокон и наноматериалов. Поступила 24.04.09.