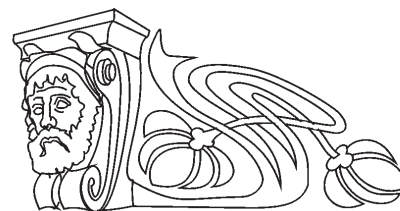




УДК 543.554.6:661.185

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ГОМОЛОГОВ АЛКИЛПИРИДИНИЯ



Е. С. Погорелова, Е. Г. Кулапина, Н. М. Макарова

Саратовский государственный университет
E-mail: jewel89@mail.ru, kulapinaeg@mail.ru

Расчитаны основные характеристики мембранного транспорта гомологов алкилпиридиния через поливинилхлоридные пластифицированные нанофильтрационные мембраны (молекулярные сита) в условиях самодиффузии и постоянного тока. Показана зависимость селективности, сорбционной ёмкости, степени обогащения нанофильтрационных мембран от длины углеводородного радикала гомологов алкилпиридиния в примембранных растворах и порообразователях. Проведено разделение гомологов алкилпиридиния с помощью молекулярных сит.

Ключевые слова: соли алкилпиридиния, нанофильтрационные мембраны, селективность, сорбционная ёмкость, степень обогащения, разделение ПАВ.

The Main Characteristics of Polymer Plasticized Membranes Based on Alkylpyridinium Homologues

E. S. Pogorelova, E. G. Kulapina, N. M. Makarova

Quantitative characteristics of alkylpyridinium homologues membrane transport through polyvinylchloride plasticized nanofiltration membranes (molecular sieves) under self-diffusion and direct current conditions were calculated. The dependences of the selectivity, the sorption capacity, the degree of enrichment of nanofiltration membranes from the hydrocarbon radical length of the alkylpyridinium homologous in membrane solutions and pore formers were shown. The separation of alkylpyridinium homologous by molecular sieves was conducted.

Key words: alkylpyridinium salts, nanofiltration membranes, selectivity, sorption capacity, degree of enrichment, surfactant separation.

Введение

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – большая группа органических длинноцепочных трудноокисляемых соединений с дифильной структурой, диссоциирующих в воде и обладающих способностью концентрироваться на границе раздела фаз, изменяя её свойства [1].

Катионные СПАВ используют в качестве мягчителей и разрыхлителей древесной массы в бумажной промышленности, качестве антистатиков и мягчителей тканей, в косметико-гигиенических препаратах, а также они способны взаимодействовать с клеточными белками бак-

терий, обуславливая бактерицидное действие (убивают грамотрицательные бактерии) [2, 3]. Наиболее широкоприменяемыми катионными СПАВ являются четвертичные аммониевые и алкилпиридиниевые соли [4].

СПАВ отличаются большим разнообразием, неоднородны по составу гидрофобной и гидрофильной частей их молекул [1, 2]. Сложность анализа различных объектов на содержание СПАВ заключается также и в том, что они, как правило, не являются индивидуальными соединениями, а представляют собой смесь полимергомологов. Поэтому разделение СПАВ является актуальной аналитической задачей [4].

В настоящей работе оценены параметры мембранного транспорта гомологов алкилпиридиния: сорбционная ёмкость, степень обогащения и селективность нанофильтрационных мембран в условиях диффузионного массопереноса и постоянного тока. Установлены их зависимости от времени, природы и концентраций диффундирующих веществ, природы порообразователей. Показано применение нанофильтрационных мембран для разделения гомологов алкилпиридиния.

Материалы и методы исследования

Для приготовления мембран и растворов использовались реагенты аналитической чистоты: гомологи алкилпиридиния (C_{10} , C_{12} , C_{16} , C_{18}) (Fluka), додецилсульфат натрия (Fluka), поливинилхлорид (ПВХ), дибутилфталат (ДБФ), циклогексанон, KCl, $AgNO_3$.

Исходные $1 \cdot 10^{-3}$ М растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) готовили по точным навескам препаратов; рабочие растворы $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-5}$ М – последующим разбавлением.

Методика изготовления молекулярных сит и мембран описана в работе [5].

Исследование процессов массопереноса проводили в ячейке собственной конструкции, состоящей из источника с раствором соли ал-



килпиридиния и приёмника с дистиллированной водой, между которыми располагалось молекулярное сито. Напряжение на мембране при прохождении тока (токопроводящие электроды – платиновые) регистрировали с помощью двух электродов сравнения (хлоридсеребряные), подключенных к высокоомному вольтметру В7-26. Источником поляризации служил гальваностат. Для контроля величины силы тока в цепи нами использовался микроамперметр М244 [6].

Определение концентрации гомологов алкилпиридиния в обеих секциях проводили методом потенциометрического титрования; титрант – додецилсульфат натрия. В качестве индикаторных использовали твердоконтактные КПАВ-сенсоры на основе додецилсульфата цетилпиридиния; соотношение ПВХ : ДБФ = 1 : 3, $C_{ЭАК} = 1\%$ [4]. Перед работой электрод в течение суток выдерживали в 10^{-3} М растворе хлорида цетилпиридиния.

Потенциометрические измерения проводили на иономере универсальном И-160 с погрешностью ± 1 мВ; электрод сравнения – хлоридсеребряный ЭВЛ-1М3.

Результаты исследования

Сорбционная ёмкость

Физический смысл *сорбционной ёмкости мембраны* (CE , ммоль/г) – количество вещества, выраженное в мг эквивалента, сорбируемое 1 г мембраны:

$$CE = \frac{(C_0 \cdot V_0 - C_1 \cdot V_1 - C_2 \cdot V_2) \cdot M \cdot 10^3}{m},$$

где CE – сорбционная ёмкость, ммоль/г; V_0 – объём исходного раствора, м³; V_1 и V_2 – объёмы растворов источника и приёмника соответственно, м³; C_0 – концентрация исходного раствора, моль/м³; C_1 и C_2 – концентрации соли алкилпиридиния в источнике и приёмнике соответственно, моль/м³; M – молярная масса соли алкилпиридиния, г/моль; m – масса мембраны, г [7].

При увеличении концентрации раствора катионного ПАВ в секции источника его адсорбционная способность усиливается, что приводит к увеличению сорбционной ёмкости молекулярного сита. Под действием постоянного тока молекулы алкилпиридиния «выбиваются» из пор нанопористой мембраны, поэтому значения CE значительно ниже, чем в отсутствие тока (табл. 1).

Сорбционная ёмкость принимает максимальное значение для гомологов алкилпиридиния, соответствующих размерам пор молекулярного сита. По правилу Траубе: с увеличением

длины углеводородного радикала ПАВ его адсорбционная способность увеличивается [1, 8] и, соответственно, возрастает значение сорбционной ёмкости. Но большие размеры катионных ПАВ по сравнению с размерами пор стерически затрудняют их проникновение через поры молекулярного сита, поэтому количество сорбируемого мембраной вещества уменьшается и соответственно уменьшается сорбционная ёмкость мембраны (рис. 1).

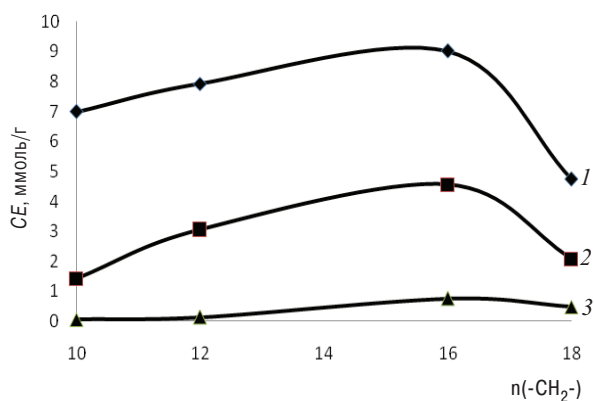


Рис. 1. Зависимость сорбционной ёмкости молекулярного сита на основе цетилпиридиния от числа метиленовых звеньев диффундирующих гомологов алкилпиридиния; $C_{исх}$: М: $1 \cdot 10^{-3}$ М (1), $5 \cdot 10^{-4}$ М (2), $1 \cdot 10^{-4}$ М (3); $I = 75$ мкА

Степень обогащения

Степень обогащения (R , %) мембраны показывает долю вещества, прошедшего через мембрану к моменту достижения равновесия:

$$R = \frac{C_2 V_2}{C_0 V_0} \cdot 100\%.$$

Степень обогащения зависит от того, какая стадия является лимитирующей: ограниченная проницаемость мембран или скорость диффузии [5, 9]. В ряде случаев скорость переноса через мембрану контролируется доставкой (или отводом) вещества к поверхности мембраны из объёма раствора через прилегающий к мембране пограничный слой, названный диффузионным слоем. При протекании тока из-за различия чисел переноса ионов в растворе и в мембране слой раствора возле одной из поверхностей мембраны обессоливается (формируется обеднённый электролитом диффузионный слой), а слой раствора возле другой поверхности концентрируется, в этом случае лимитирующей стадией может быть внутренняя диффузия через мембрану. В общем случае перенос ионов через мембрану является смешанно-диффузионным, т.е. результирующая скорость переноса определяется транспортом



Таблица 1

Сорбционная ёмкость, степень обогащения и селективность нанofilьтрационных мембран с различным диаметром пор ($n = 3; p = 0,95$)

Порообразователь	Переносимое вещество	$C_{нск}, M$	Диффузионный массоперенос			В условиях постоянного тока		
			СЕ, моль/г	R, %	S, %	СЕ, моль/г	R, %	S, %
ДП	ДДП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(7,0 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$1,00 \pm 0,06$	$98,82 \pm 0,09$	$(4,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$1,82 \pm 0,07$	$97,88 \pm 0,08$
	ЦП	$1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	$(3,0 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$0,10 \pm 0,04$	$99,89 \pm 0,08$
ДДП	ДП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(15,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$1,90 \pm 0,07$	$97,27 \pm 0,09$	$(7,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$3,48 \pm 0,08$	$95,72 \pm 0,07$
		$5 \cdot 10^{-4}$	$(8,3 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$2,48 \pm 0,08$	$96,72 \pm 0,08$	$(3,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$4,18 \pm 0,08$	$94,78 \pm 0,07$
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(1,15 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$	$2,72 \pm 0,08$	$96,63 \pm 0,07$	$(0,40 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$	$5,18 \pm 0,08$	$93,75 \pm 0,06$	
	$1 \cdot 10^{-3}$	$(14,8 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$1,80 \pm 0,06$	$98,96 \pm 0,07$	$(8,5 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$2,38 \pm 0,07$	$97,12 \pm 0,08$	
	$5 \cdot 10^{-4}$	$(9,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$2,06 \pm 0,07$	$98,21 \pm 0,07$	$(3,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$2,93 \pm 0,07$	$96,48 \pm 0,07$	
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(1,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$	$2,55 \pm 0,08$	$97,88 \pm 0,07$	$(0,45 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$	$3,73 \pm 0,08$	$95,61 \pm 0,07$	
ЦП	ЦП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(5,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	$0,10 \pm 0,03$	$99,88 \pm 0,09$	$(4,0 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$0,82 \pm 0,03$	$99,07 \pm 0,07$
		$5 \cdot 10^{-4}$	$(2,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$	$0,11 \pm 0,03$	$99,86 \pm 0,08$	$(1,9 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	$0,88 \pm 0,04$	$99 \pm 0,9$
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(0,5 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$	$0,14 \pm 0,04$	$99,83 \pm 0,08$	$(0,33 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$	$1,05 \pm 0,05$	$98,81 \pm 0,08$	
	$1 \cdot 10^{-3}$	$(2,27 \pm 0,04) \cdot 10^{-2}$	$3,27 \pm 0,06$	$95,32 \pm 0,07$	$(7,9 \pm 0,8) \cdot 10^{-3}$	$6,21 \pm 0,08$	$92,22 \pm 0,06$	
	$5 \cdot 10^{-4}$	$(1,03 \pm 0,03) \cdot 10^{-2}$	$5,18 \pm 0,08$	$92,60 \pm 0,07$	$(3,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$6,87 \pm 0,08$	$91,49 \pm 0,05$	
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(1,46 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$	$8,64 \pm 0,08$	$87,97 \pm 0,06$	$(0,13 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$	$9,36 \pm 0,08$	$88,63 \pm 0,06$	
ЦП	ЦП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(2,45 \pm 0,08) \cdot 10^{-2}$	$1,37 \pm 0,05$	$98,06 \pm 0,08$	$(9,0 \pm 0,8) \cdot 10^{-3}$	$2,45 \pm 0,05$	$97,03 \pm 0,09$
		$5 \cdot 10^{-4}$	$(1,16 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$	$1,64 \pm 0,05$	$97,72 \pm 0,08$	$(4,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$3,18 \pm 0,06$	$96,10 \pm 0,08$
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(2,02 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	$2,23 \pm 0,03$	$96,98 \pm 0,07$	$(0,75 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$	$4,55 \pm 0,06$	$94,43 \pm 0,07$	
	$1 \cdot 10^{-3}$	$(8,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$0,90 \pm 0,06$	$98,87 \pm 0,08$	$(4,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$	$1,69 \pm 0,03$	$98,12 \pm 0,08$	
	$5 \cdot 10^{-4}$	$(3,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$1,19 \pm 0,07$	$98,62 \pm 0,08$	$(2,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$1,85 \pm 0,03$	$97,84 \pm 0,08$	
	$1 \cdot 10^{-4}$	$(2,1 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	$1,21 \pm 0,07$	$98,48 \pm 0,08$	$(0,48 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$	$2,55 \pm 0,04$	$97,05 \pm 0,08$	
ОДП	ДДП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(15,5 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$4,55 \pm 0,09$	$93,83 \pm 0,08$	$(6,01 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$8,18 \pm 0,08$	$89,64 \pm 0,06$
	ЦП	$1 \cdot 10^{-3}$	$(18,0 \pm 0,7) \cdot 10^{-3}$	$1,55 \pm 0,07$	$97,23 \pm 0,09$	$(9,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-3}$	$2,91 \pm 0,05$	$96,40 \pm 0,07$



как через мембрану, так и через диффузионные слои раствора [10].

Согласно определению R уменьшается при увеличении длины углеводородного радикала и концентрации раствора КПАВ в секции источника и в целом проявляет большие значения в условиях постоянного тока, чем при диффузионном массопереносе (рис. 2, табл. 1).

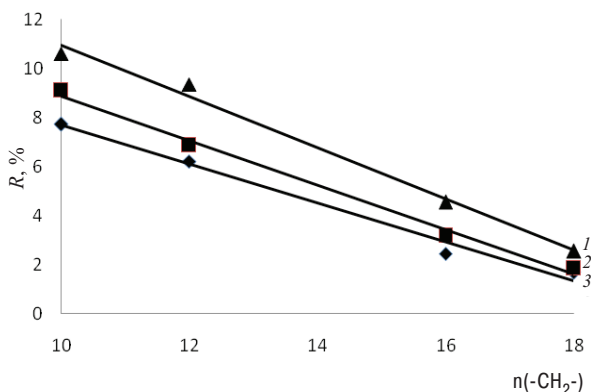


Рис. 2. Зависимость степени обогащения молекулярного сита на основе цетилпиридиния от числа метиленовых звеньев диффундирующих гомологов алкилпиридиния; $C_{\text{исх}}$, М: $1 \cdot 10^{-4}$ М (1), $5 \cdot 10^{-4}$ М (2), $1 \cdot 10^{-3}$ М (3); $I = 75$ мкА

Селективность мембран

При описании процессов диффузии в мембранных и ионообменных материалах на полимерной основе обычно принимают, что наиболее вероятными являются три механизма переноса ионов: вакансионный, эстафетный и сольватационный [10]. В соответствии с вакансионным механизмом подвижные ионы мигрируют от одной фиксированной (неподвижной) молекулярной группы к другой. Миграция происходит, если хотя бы одна из ее соседних групп не занята ионом. Эстафетный механизм заключается в «выталкивании» иона, связанного с фиксированной группой, «свободным» ионом, находящимся в канале. При этом «вытесненный» ион переходит в проводящий канал или выталкивает очередной связанный, передавая эстафету переноса. Третий, сольватационный механизм, соответствует движению ионов в растворе и во многом аналогичен переносу по междоузлиям в ионных кристаллах. Первый и третий механизмы могут реализоваться одновременно, так как покинувший свою потенциальную яму противоион не может выйти за пределы объема ионообменника. В случае молекулярных сит, т.е. при наличии узких пор, реализуется эстафетный механизм, когда в силу стерических причин проявление вакансионного механизма затруднено [10]. Зная механизм переноса ионов, можно оценивать разделяющую способность мембран.

Значение *селективности* (S , %) характеризует способность мембраны разделять вещества:

$$S = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%.$$

На селективность мембран влияет отношение размеров молекул к размерам пор, взаимодействие между раствором и мембраной [11]. Исследуемые мембраны обладают высокой избирательностью к переносимым ПАВ [7]. Если значение селективности приближается к 100%, то в приёмник попадет незначительное количество поверхностно-активного вещества, и при разделении смесей ПАВ этот компонент останется в источнике. В условиях постоянного тока значения селективности мембран немного ниже, чем в условиях диффузионного массопереноса (см. табл. 1), что делает невозможным разделение гомологов алкилпиридиния, различающихся менее, чем на 6 метиленовых звеньев, в то время как в условиях диффузионного массопереноса возможно разделение гомологов, различающихся на 2 метиленовых звена.

На основе рассчитанных количественных характеристик полимерных пластифицированных молекулярных сит и благодаря их способности избирательно обеспечивать селективный транспорт проникающих компонентов сделано предположение об использовании нанопористых мембран для разделения гомологов алкилпиридиния.

Разделение гомологов алкилпиридиния с помощью нанопористых мембран

Для исследования разделяющей способности нанопористых мембран в качестве источника использовали бинарные смеси гомологов алкилпиридиния в различных соотношениях и концентрациях.

Если при титровании смесей гомологов алкилпиридиния наблюдается 2 скачка титрования, то это свидетельствует о прохождении обоих компонентов в приёмник (рис. 3, кривая 2), если кривые титрования имеют один скачок (рис. 3, кривая 1), то в приёмник переходит только 1 компонент, но незначительное содержание второго компонента в приёмнике также возможно. Установлено, что раздельное определение гомологов алкилпиридиния в двухкомпонентных смесях в концентрационном диапазоне $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$ М возможно при определённом соотношении компонентов (табл. 2).

Выводы

Таким образом, рассчитаны основные характеристики поливинилхлоридных пластифицированных мембран на основе гомологов алкилпиридиния в условиях диффузионного массопереноса

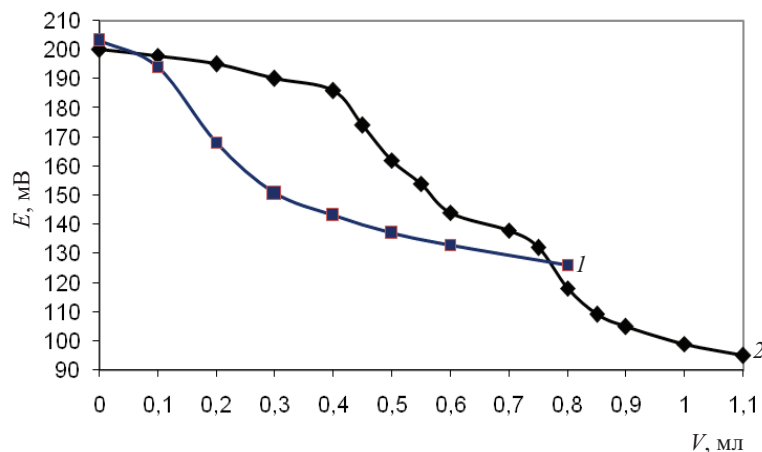


Рис. 3. Кривые титрования смеси хлоридов додецил- и цетилпиридиния в приёмнике (диффузионный массоперенос); порообразователи: ДДП (1), ЦП (2); $C_{\text{ДДП}} = C_{\text{ЦП}} = 10^{-3}$ М, $V_{\text{ал}} = 10$ мл; титрант 10^{-3} М ДДС

Таблица 2

Разделение гомологов алкилпиридиния с помощью нанофильтационных мембран в условиях диффузионного массопереноса и постоянного тока; диапазон концентраций исходных растворов КПАВ $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$ М

Условия переноса	Порообразователь	Состав смесей и соотношение компонентов	Компонент, перешедший в приёмник	Исходная масса компонента, перешедшего в приёмник, мг	Масса компонента в приёмнике, мг
В отсутствии тока	ДДП	ДП:ЦП 1:10...10:1	ДП	9,5 – 95,0	0,32 – 2,14
		ДП:ОДП 1:10...10:1	ДП	9,5 – 95,0	0,35 – 2,19
		ДДП:ЦП 1:5.....10:1	ДДП	21,6 – 108,2	0,77 – 2,24
		ДДП:ОДП 1:10...10:1	ДДП	10,8 – 108,2	0,21 – 2,35
	ЦП	ДП:ОДП 1:10...10:1	ДП	9,5 – 95,0	2,00 – 7,04
		ДДП:ОДП 1:10...10:1	ДДП	10,8 – 108,2	1,33 – 4,91
Под током	ДДП	ДП:ОДП 1:10...10:1	ДП	9,5 – 95,0	0,70 – 4,70
		ДДП:ОДП 2:1.....10:1	ДДП	21,6 – 108,2	1,62 – 3,72
		ДП:ЦП 2:1.....10:1	ДП	19,0 – 95,0	2,10 – 4,70
	ЦП	ДП:ОДП 2:1.....10:1	ДП	19,0 – 95,0	2,72 – 9,88
		ДДП:ОДП 3:1.....10:1	ДДП	32,5 – 108,2	4,35 – 9,57
		ЦП:ОДП 10:1	ЦП	112,0 ± 0,1	3,93 ± 0,05

и постоянного тока: сорбционная емкость, степень обогащения, коэффициент селективности. На основании зависимостей количественных характеристик молекулярных сит от времени, природы порообразователя, природы и концентрации контактирующего раствора показано применение молекулярных сит для разделения смесей гомологов алкилпиридиния.

Список литературы

1. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества : свойства и применение. Л. : Химия, 1981. 304 с.
2. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества : синтез, свойства, анализ, применение. СПб. : Профессия, 2007. 240 с.
3. Миттел К. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии. М. : Мир, 1980. 598 с.
4. Кулатина Е. Г., Чернова Р. К., Кулатин А. И. Потенциометрические сенсоры для определения синтетических поверхностно-активных веществ. Саратов : Науч. кн., 2008. 179 с.
5. Погорелова Е. С., Кулатина Е. Г., Макарова Н. М. Особенности диффузии гомологов алкилпиридиния через молекулярные поливинилхлоридные молекулярные сита // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. 2012. Т. 12. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 4. С. 28–34.
6. Кулатина Е. Г., Михалёва О. В., Макарова Н. М. Транспортные свойства нанофильтационных пластифицированных поливинилхлоридных мембран (молекулярных сит) // ЖАХ. 2008. Т. 63, № 5. С. 467–473.
7. Кулатина Е. Г., Макарова Н. М., Погорелова Е. С., Михалева О. В., Шамина М. Н. Влияние различных



- факторов на транспортные свойства поливинилхлоридных пластифицированных мембран на основе полиоксиэтилированных нонилфенолов // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. 2011. Т. 11. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 2. С. 18–25.
8. Холмберг К., Йонссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / пер. с англ. Г. П. Ямпольской; под ред. Б. Д. Сумма. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 528 с.
 9. Окунев А. Ю., Лагунов Н. И., Демченко С. Д. Наномембранные контакторные системы для разделения и очистки газовых смесей // Сборник тезисов докладов научно-технологических секций Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech 08», Москва 3–5 декабря. М., 2008. С. 597–599.
 10. Ярославцев А. Б., Никоненко В. В., Заболоцкий В. И. Ионный перенос в мембранных и ионообменных материалах // Успехи химии. 2003. Т. 72, № 5. С. 438–470.
 11. Золотов Ю. А., Дорохова Е. Н., Фадеева В. И. и др. Основы аналитической химии : в 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа / под ред. Ю. А. Золотова. М. : Высшая школа, 2004. 503 с.

УДК 543.554.6:661.185

ОСОБЕННОСТИ ДИФфуЗИИ ГОМОЛОГОВ АЛКИЛПИРИДИНИЯ ЧЕРЕЗ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИТА

Е. С. Погорелова, Е. Г. Кулапина, Н. М. Макарова

Саратовский государственный университет
E-mail: jewel89@mail.ru, kulapinaeg@mail.ru



Исследован процесс переноса гомологов алкилпиридиния через поливинилхлоридные пластифицированные наночистратционные мембраны (молекулярные сита) в условиях самодиффузии и постоянного тока. Рассчитаны количественные характеристики мембранного транспорта: коэффициенты проницаемости, диффузии, распределения и поток ионов. Показана зависимость объёмных свойств наночистратционных мембран от длины углеводородного радикала гомологов алкилпиридиния в примембранных растворах и порообразователях.

Ключевые слова: соли алкилпиридиния, наночистратционные мембраны, диффузия, проницаемость, поток ионов, коэффициент распределения.

Features of Alkylpyridinium Homologues Diffusion through PVC Molecular Sieves

E. S. Pogorelova, E. G. Kulapina, N. M. Makarova

The process of alkylpyridinium homologous transfer through polyvinylchloride plasticized nanofiltration membranes (molecular sieves) under self-diffusion and direct current conditions. Quantitative characteristics of membrane transport: the coefficients of permeability, diffusion, the distribution coefficient, ion flux, were calculated. The dependences of the volume properties of nanofiltration membranes from the hydrocarbon radical length in the alkylpyridinium homologous in membrane solutions and pore formers were shown.

Key words: alkylpyridinium salts, nanofiltration membranes, diffusion, permeability, ion flux, distribution coefficient.

Введение

Исследование процессов массопереноса в полимерных материалах имеет существенное практическое и научное значение. Возможность

применения молекулярных сит для разделения гомологов синтетических ПАВ связана с их пропускающей способностью. Изучение транспорта веществ в полимерах позволяет судить о структуре данных материалов и характере движения макромолекул [1].

Массоперенос вещества через мембрану обусловлен разницей давлений, концентраций или температуры по обе стороны мембраны; движущей силой при этом является разница химических потенциалов. Механизм переноса зависит от структуры мембраны (размера пор), pH, температуры, давления растворов, размеров, природы, концентрации молекул диффундирующих веществ, ионной силы среды. Перенос низкомолекулярных веществ в полимерах определяется также гибкостью и своеобразным характером тепловых движений молекул [1–8].

Перенос вещества через мембрану последовательно проходит следующие стадии: диффузию через пограничный слой, адсорбцию вещества на поверхности мембраны, перенос через мембрану, десорбцию из мембраны, диффузию через пограничный слой с обратной стороны мембраны [9]. Для количественного описания массопереноса можно использовать следующие параметры: коэффициент диффузии (D), проницаемость (P), поток ионов (J), коэффициент распределения (K); расчётные формулы указанных величин представлены в работе [10].