

Электродиализные опреснительные установки с применением ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН

Разработаны эффективные методы синтеза новых интерполимерных ионообменных мембран с улучшенными физико-механическими и электрохимическими характеристиками. На пилотных электродиализных ячейках изучены их основные физико-химические характеристики. В результате проведенных исследований разработан электродиализный аппарат для разделения воды и органических жидкостей и описан принцип его действия.

Введение

Современные проблемы производства чистых и сверхчистых веществ, обессоливания воды, концентрирования пищевых и других растворов, очистки промышленных сточных вод могут быть решены с применением мембранной технологии, которая включена в перечень критических технологий, отнесенных к приоритетным направлениям развития науки и техники XXI века. Такие методы разделения жидких и газообразных сред, природных вод и промышленных растворов базируются на разных принципах разделения и механизмах переноса молекул, ионов, частиц, но все они имеют общий фрагмент системы – мембрану [1]. Ее химическая природа, структура и функциональные свойства определяют область применения. Широкое распространение экологически чистой электромембранной технологии для подготовки воды различного класса чистоты (от умягченной питьевой до деионизованной), для разделения и очистки органоинеральных смесей в пищевой, медицинской, фармацевтической промышленности, для химического синтеза, использование их в химических источниках тока привело к интенсивному развитию методов синтеза и модифицирования синтетических ионообменных мембран. При создании высокоэффективных мембран определенного целевого назначения возникает комплекс разнообразных физико-химических и материаловедческих проблем, для решения кото-

Е.Е. Ергожин,
академик НАН
Республики
Казахстан,
доктор химических
наук, профессор,
заведующий
лабораторией
ионообменных смол
и мембран,
Генеральный
директор АО
«Институт
химических наук
им. А.Б. Бектурова»

Т.К. Чалов*,
доктор химических
наук, профессор,
главный научный
сотрудник
лаборатории
ионообменных смол
и мембран,
АО «Институт
химических наук
им. А.Б. Бектурова»

А.А. Цхай,
доктор технических
наук, Директор
ТОО «Мембранные
технологии»



рых необходимы фундаментальные исследования их структуры и функциональных свойств.

Актуальной проблемой для потребителей является выбор селективных мембран нового поколения с оптимальным набором свойств, обеспечивающих высокую эффективность и экономичность того или иного процесса. В этих условиях перед специалистами стоит важная задача создания сбалансированных мембранных структур. При этом необходимо найти компромисс между статической обменной емкостью (СОЕ), гидрофильностью, термомеханической стабильностью материала и его проводящими свойствами: селективностью, электропроводностью, диффузионной и электроосмотической проницаемостью. Важнейшей проблемой является выбор наиболее значимых их свойств, всесторонне характеризующих технологические качества синтезированных образцов и позволяющих проводить сравни-

* Адрес для корреспонденции: chalov.45@mail.ru

тельные исследования новых образцов с аналогами, производимыми за рубежом.

Поэтому нами разработаны методы получения новых ионообменных материалов на основе промышленной эпоксидной смолы ЭД-20, диглицидилового эфира резорцина (ДГЭР) и винилового эфира моноэтаноламина (ВЭМЭА). Присутствие в их структуре функциональных групп одинаковой активности позволяет получать полиэлектролиты с равномерным распределением поперечных связей, следствием чего являются высокие термо- и химическая стойкость, механическая прочность.

Материалы и методы исследования

Синтез интерполимерных мембран проводили в трехгорлом реакторе с полимерным связующим – поливинилхлоридом (ПВХ) в общем растворителе. В реактор помещали ПВХ, ДГЭР или ЭД-20, ВЭМЭА, аллилбромид (АБ) и амин, предварительно

Т.В. Ковригина,
кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории ионообменных смол и мембран, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»

К.Х. Хакимболатова,
кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории ионообменных смол и мембран, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова»

растворенный в диметилформамиде (ДМФА). Температуру реакции поддерживали на уровне 70 °С в течение 3-часового перемешивания. Затем реакционную массу отливали на гладкую поверхность и сушили под УФ-светом [2].

Водопроницаемость, электросопротивление [3] определяли на приборах, сконструированных в лаборатории ионообменных смол и мембран АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова». Данная ячейка позволяет определять электросопротивление ртутно-контактным методом. Перед измерением мембраны на сутки заливали 0,1 н раствором хлорида натрия. Для сравнения использовали известные промышленные мембраны (табл. 1–3).

Определение прочности на разрыв проводили на маятниковом динамометре РМП-50, имеющем 2 шкалы: 0-20 кг и 0,5 кг. Скорость движения 50 мл/мин. Испытание устойчивости на изгиб проводили на приборе «Фельцер» типа ДФР/ДФП, предназначенном для соответствующих испытаний целлюлоида.



Таблица 1

Удельные характеристики промышленных (МК-40, МА-40) и синтезированных (Ионал-К, Ионал-А) мембран в различных растворах

Электролит	Мембрана	Концентрация, г-экв/л	Коэффициент водопроницаемости, см ² ·сек./г	Удельная водопроницаемость, см ³ ·сек./г
ZnSO ₄	МК-40	0,04	8,4 · 10 ⁻¹¹	5,4 · 10 ⁻¹²
	МА-40		1,6 · 10 ⁻¹⁰	1,1 · 10 ⁻¹¹
	Ионал-К		7,6 · 10 ⁻¹²	8,1 · 10 ⁻¹³
	Ионал-А		2,6 · 10 ⁻¹¹	2,1 · 10 ⁻³
K ₂ Cr ₂ O ₇	МК-40	0,10	1,6 · 10 ⁻¹⁰	1,1 · 10 ⁻¹¹
	МА-40		1,6 · 10 ⁻¹⁰	9,3 · 10 ⁻¹²
	Ионал-К		2,4 · 10 ⁻¹²	1,5 · 10 ⁻¹³
	Ионал-А		1,3 · 10 ⁻¹²	8,9 · 10 ⁻¹³
Al ₂ (SO ₄) ₃	МК-40	0,04	1,6 · 10 ⁻¹⁰	1,1 · 10 ⁻¹¹
	МА-40		4,3 · 10 ⁻¹¹	9,3 · 10 ⁻¹²
	Ионал-К		6,5 · 10 ⁻¹¹	4,8 · 10 ⁻¹²
	Ионал-А		3,4 · 10 ⁻¹²	8,4 · 10 ⁻¹³
CuSO ₄	МК-40	0,10	8,4 · 10 ⁻¹¹	5,3 · 10 ⁻¹²
	МА-40		8,4 · 10 ⁻¹¹	5,7 · 10 ⁻¹²
	Ионал-К		6,6 · 10 ⁻¹²	2,3 · 10 ⁻¹⁴
	Ионал-А		6,2 · 10 ⁻¹²	3,5 · 10 ⁻¹³
NiSO ₄	МК-40	0,04	8,4 · 10 ⁻¹¹	5,9 · 10 ⁻¹²
	МА-40		4,3 · 10 ⁻¹¹	3,0 · 10 ⁻¹²
	Ионал-К		5,1 · 10 ⁻¹²	7,8 · 10 ⁻¹³
	Ионал-А		1,2 · 10 ⁻¹²	7,2 · 10 ⁻¹³
H ₂ SO ₄	МК-40	0,04	7,8 · 10 ⁻¹¹	5,9 · 10 ⁻¹²
	МА-40		8,3 · 10 ⁻¹¹	5,4 · 10 ⁻¹²
	Ионал-К		6,8 · 10 ⁻¹²	3,2 · 10 ⁻¹³
	Ионал-А		9,2 · 10 ⁻¹²	9,2 · 10 ⁻¹⁴

Таблица 2

Электропроводность мембран МА-41 ($\chi \cdot 10^3 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) и Ионал-А в отсутствии и присутствии алкилсульфоната натрия в равновесном растворе хлористого натрия

Солевая форма мембраны	Электропроводность при концентрации хлористого натрия в равновесном растворе, моль/л					
	0,01	0,05	0,10	0,20	0,50	1,00
МА-40						
Хлор	3,5	4,2	5,6	6,5	8,7	9,3
Хлор+алкилсульфонат	0,2	1,2	2,3	3,8	4,6	6,5
Ионал-А						
Хлор	4,8	4,8	4,8	5,9	8,9	9,5
Хлор+алкилсульфонат	0,5	1,5	2,6	4,2	4,5	6,8



Таблица 3

Снижение влагоемкости мембран (% от исходного значения) в растворах алкилсульфоната натрия

Марка мембраны	Исходная влагоемкость, %	Содержание алкилсульфоната натрия, М	
		$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-3}$
МА-40	40	5,5	7,8
МА-41	40	3,7	4,9
МК-40	40	3,2	6,7
Ионал-А	42	3,5	4,0
Ионал-К	42	3,0	5,2

Результаты и их обсуждение

Для установления оптимальных условий синтеза интерполимерных мембран на основе ДГЭР или ЭД-20, ВЭМЭА, АБ и различных ди- и полиаминов (полиэтиленполиамин (ПЭПА), полиэтиленимино (ПЭИ) и гексаметилендиамин (ГМДА)) в присутствии ПВХ исследовали влияние концентрации реагирующих компонентов, температуры, продолжительности процесса, природы и количества растворителя. При увеличении содержания ВЭМЭА в реакционной смеси СОЕ мембраны повышается в присутствии ПЭИ от 1,2 до 4,7; ПЭПА – от 1,0 до 4,0; ГМДА – от 1,4 до 5,2 мг-экв./г (рис. 1).

Снижение СОЕ и повышение электросопротивления отмечено при увеличении содержания ПВХ в исходной смеси от 20 до 30 масс. % (рис. 2).

Использование ПЭПА, ПЭИ или ГМДА в качестве сшивающих агентов, содержащих аминогруппы различной основности, позволяет получать ионообменные мембраны, значительно различающиеся по своим электрохимическим и физико-механическим свойствам. Набухаемость полученных материалов, определяемая плотностью поперечных связей полиэлектролита и количеством гидрофильных аминогрупп, максимальна у образцов на основе ПЭПА. Из синтезированных мембран максимальное значение СОЕ и удельной электропроводности имеют пленки на основе ПЭИ, что обусловлено большей концентрацией в нем атомов азота [4, 5]. Нами показано, что оптимальными условиями синтеза являются нагрев реакционной смеси при постоянном перемешивании до 60–70 °С в течение 6–7 ч.

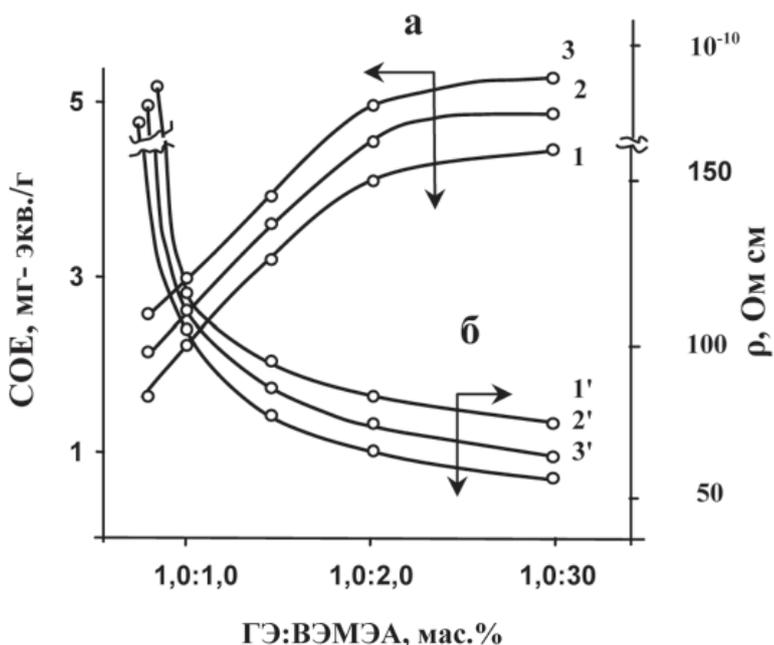


Рис. 1. Зависимость СОЕ (1–3) и удельного электросопротивления (1'–3') мембран на основе ДГЭР, ВЭМЭА, АБ в присутствии ГМДА (1,1'), ПЭПА (2,2'), ПЭИ (3,3') от содержания амина.

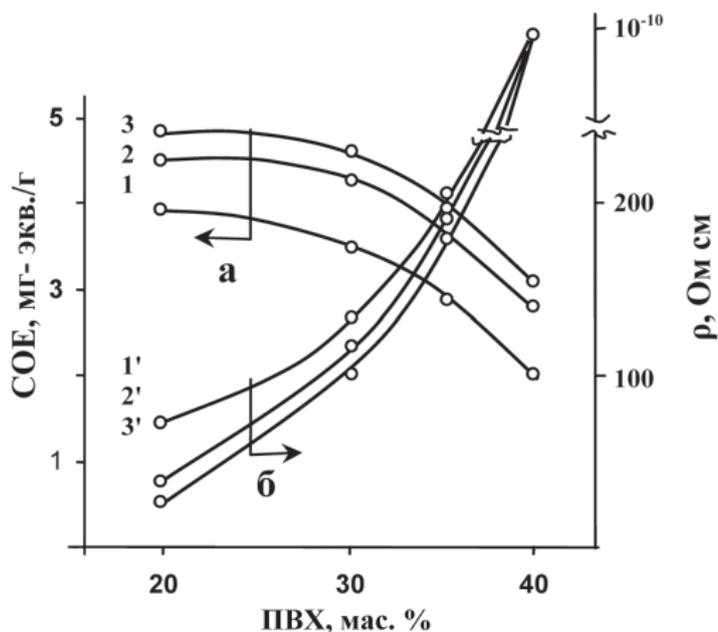


Рис. 2. Влияние содержания ПВХ на СОЕ (1–3) и удельное электросопротивления (1'–3') мембран на основе ДГЭР, ВЭМЭА, АБ в присутствии ГМДА (1,1'), ПЭПА (2,2'), ПЭИ (3,3').

Электродиализное опреснение минерализованной воды осуществляется при pH 6,5–8,5, поэтому использование ионообменных мембран, содержащих сильнодиссоциирующие функциональные группы, является наиболее оптимальным. Для увеличения их основности проводили N-алкилирование известными алкилирующими агентами (табл. 4).

Основным требованием, предъявляемым к ионообменным мембранам, является возможность их использования в агрессивных средах. Полученные материалы устойчивы в растворах минеральных кислот, щелочей, кипящей воде. Неодинаковая стабильность обусловлена различной плотностью макромолекулярных сеток.

Установлено, что добавление аллилбромиды к исходной смеси приводит к снижению СОЕ анионообменных мембран и незначи-

тельному снижению удельного электросопротивления вследствие уплотнения полимерной матрицы при постоянной концентрации ПВХ (30 масс. %) в исходной реакционной смеси ($T=80^{\circ}\text{C}$, $t=7$ ч). Показано, что мембраны на основе продуктов поликонденсации ЭД-20, ВЭМЭА и АБ в присутствии 10 масс. % различных полиаминов имеют повышенные электрохимические свойства: электросопротивление (ρ) от 40–50 Ом·см, СОЕ от 2,6 до 4,8 мг-экв./г. Причем образцы, синтезированные на основе ПЭИ или ГМДА, обладают большей обменной емкостью и меньшими значениями электросопротивления, чем мембраны, полученные в присутствии ПЭПА. Последний является смесью алифатических аминов и поэтому конечные продукты имеют неоднородную фазу.

Увеличение концентрации ВЭМЭА более 2,0 масс. % приводит к образованию продукта с высокой набухаемостью и низкой механической прочностью. Предел прочности на разрыв снижается при содержании ВЭМЭА от 1,0 до 4,0 масс. % в исходной смеси от 70 до 20 кг/см².

Повышение температуры реакции от 40 до 80 °C приводит к росту СОЕ и снижению электросопротивления для образцов всех видов. При температуре 80 °C идет образование мембран с высокой СОЕ и низкими значениями электросопротивления. Дальнейшее повышение температуры вызывает преждевременное гелеобразование. Интерполимерные мембраны на основе ЭД-20, ВЭМЭА и АБ с высокой СОЕ и удовлетворительными электрохимическими показателями образуются в течение 7 ч.

Свойства интерполимерных мембран, синтезированных на основе ЭД-20, ВЭМЭА и АБ в присутствии полиаминов, приведены в табл. 5.

Сопоставление свойств известных анионообменных мембран и полученных на основе

Таблица 4

Свойства алкилированных мембран

Мембрана на основе	СОЕ _{исх.} , мг-экв./г		Алкилирующий агент	СОЕ _{алк.} , мг-экв./г		СОЕ после контакта с					
	1	2		1	2	5 н NaOH		5 н H ₂ SO ₄		1 н HNO ₃	
						1	2	1	2	1	2
ПЭПА	4,0	–	CH ₃ I	3,4	0,6	3,3	0,6	3,2	0,6	3,0	0,3
			(CH ₃) ₂ SO ₄	3,2	0,5	3,2	0,5	3,0	0,4	2,9	0,2
			ЭХГ	3,2	0,7	3,2	0,7	3,0	0,6	3,0	0,5
ПЭИ	4,7	–	CH ₃ I	4,0	0,6	4,2	0,6	4,0	0,5	4,0	0,3
			(CH ₃) ₂ SO ₄	3,9	0,6	4,3	0,5	4,2	0,5	3,9	0,2
			ЭХГ	4,1	0,5	4,0	0,6	3,9	0,3	3,9	0,3

Примечание: 1 – СОЕ_{HCl}, 2 – СОЕ_{NaCl}, мг-экв./г.

Таблица 5

Электрохимические свойства интерполимерных мембран на основе ВЭМЭА, ЭД-20, АБ и связующего ПВХ, полученные в присутствии различных полиаминов

Мембраны на основе ВЭМЭА:ЭД-20: АБ в присутствии	СОЕ по 0,1 н раствору HCl, мг-экв./г	Электро-сопротивление, Ом·см	Число переноса, %	Удельная водо-проницаемость, К 10 ⁻¹⁴ , см ³ ·сек/г
ПЭПА	2,9	90	0,98	1,3
ГМДА	3,2	65	0,97	1,8
ПЭИ	4,6	54	0,98	1,9
МА-40	3,4	240	0,94	–

производных эписхлоргидрина, ВЭМЭА и некоторых полиаминов показывает значительное преимущество последних по основным механо- и электрохимическим показателям [6, 7].

Размер пор в мембранах играет важную роль и определяет область их применения. Так, для процесса нанофильтрации и обратного осмоса размер пор должен составлять 0,2–1,5 нм, диализа и электродиализа – 2–5 нм, ультрафильтрации – 5–50 нм, микрофильтрации – 100–5000 нм. Микрофотографии образцов ионообменных мембран (рис. 3), снятые методом сканирующей электронной микроскопии, показывают, что увеличение в 10000 раз не дает возможности наблюдать нанопоры и образующиеся кластеры ионных пар – фиксированного к матрице иона и компенсирующего его заряд противоиона. Исследование пористой структуры синтезированных интерполимерных мембран на основе ВЭМЭА, ЭД-20, АБ и аминов методом ртутной порометрии (рис. 4) показало [8], что они содержат преимущественно поры радиусом 2,6 нм и в меньшем количестве

поры радиусом 1,9 и 5,4 нм. Относительная удельная пористость данных мембран составляет, соответственно, 6,8–1,0 см³/г. Размер мелких пор, характерных для промежутков между полимерными цепями и их пучками, составляет 1,5–10 нм, а размер крупных пор для полимерных цепей и частиц сшивающего агента – более 10 нм.

На основании проведенных исследований установлено, что синтезированные ионообменные материалы являются близкими по структуре к мембранам гомогенного типа, что значительно расширяет область их применения в электродиализных установках нового поколения.

Важное направление использования электродиализных установок – очистка сточных вод. Электродиализ применяется для обессоливания сточных вод гальванического производства (гальванических стоков). Также мембранный электролиз используется для очистки сточных вод, содержащих ценные компоненты (например, драгоценные металлы), перед последующим извлечением этих компонентов. По сравнению с обратным осмосом электродиализ имеет преимущество в том, что позволяет использовать химически более стойкие мембраны, поэтому процесс электродиализа может осуществляться

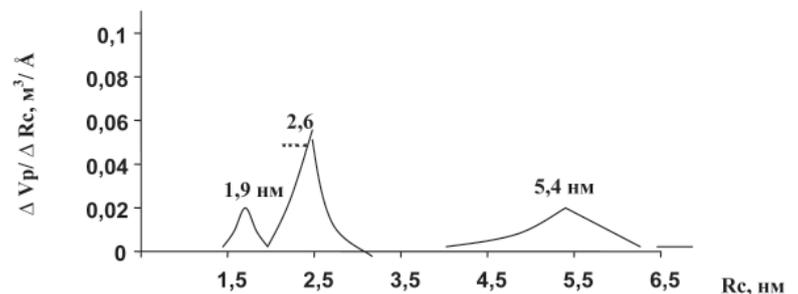


Рис. 4. Распределение пор по радиусу в синтезированных ионообменных мембранах на основе ВЭМЭА, ЭД-20, АБ и ПЭПА.

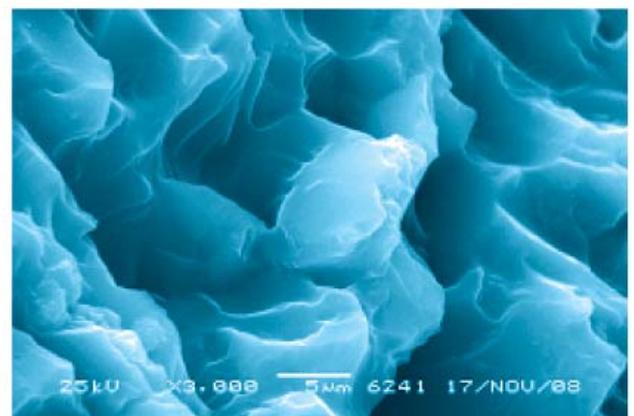
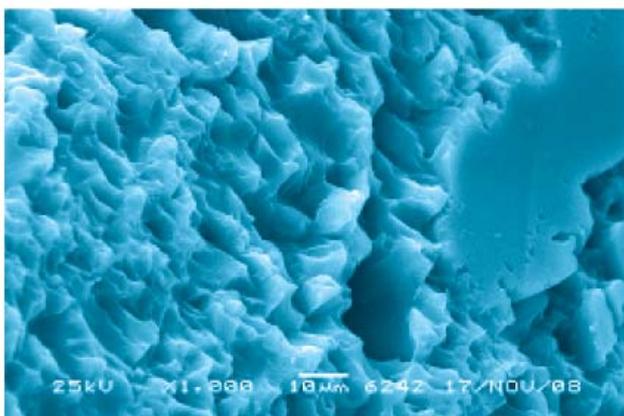


Рис. 3. Микрофотографии образцов синтезированных ионообменных мембран.

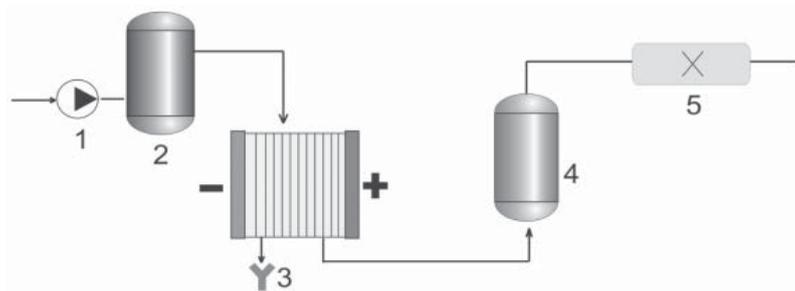


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема очистки и обессоливания воды и органических жидкостей: 1 – насос, 2 – фильтр предварительной очистки, 3 – электродиализатор-концентратор, 4- фильтр с активированным углем, 5 – стерилизатор.

Технические характеристики аппарата

- Размер мембран, мм 80×180
- Число рабочих камер 30
- Число ступеней 3
- Напряжение на электродах, В 10-25
- Рабочий ток, А 0,5-1,5
- Производительность по диализатному тракту, л/час 3-6

при очень малых или, наоборот, больших значениях рН раствора.

Ионитовые мембраны для процесса электродиализа должны обладать высокой селективностью, малой проницаемостью для молекул воды, хорошей электрической проводимостью, высокой механической прочностью и химической стойкостью. Селективность ионообменных мембран, т.е. способность пропускать ионы с зарядом одного знака, обусловлена наличием в них фиксированных ионогенных групп, электрическое поле которых препятствует прохождению через мембрану ионов с зарядом того же знака, что и заряд иона, фиксированного в полимерной матрице мембраны.

Для осуществления процесса регенерации воды из органической жидкости предложена схема очистки и обессоливания воды (рис. 5): исходная вода насосом 1 подается на фильтр предварительной очистки 2, затем на электродиализатор-концентратор 3. После этого опресненная вода поступает на фильтр с активированным углем 4 для доочистки и придания воде улучшенных вкусовых качеств, а затем через стерилизатор 5 поступает в сборник очищенной воды. В целях изучения процесса получения воды из органических жидкостей нами разработан 30-камерный трехступенчатый электродиализный аппарат с непроточными камерами концентрирования. Основным элементом электродиализного аппарата является прямоугольная рамка-прокладка из полиэтилена высокого давления с сепаратором-турбулизатором из безузелковой сетки.

Через диализатные камеры непрерывно прокачивается исходный раствор определённой концентрации с постоянной скоростью. При подаче электрического тока на мембранный пакет происходит направленный перенос электролита за счет электромиграции ионов, а также воды за счет осмотического и электроосмотического переноса. Образующийся за счет этих потоков избыток раствора самооттеком переливается в рассольный коллектор. По прошествии определенного периода времени от момента подачи тока на мембранный пакет в его камерах наступает динамическое равновесие. При этом концентрация рассола и его объем достигают стационарного значения для данных условий.

На рис. 6 представлена схема трактов электродиализного аппарата. Исходная жидкость поступает в анодную камеру, затем последовательно проходит через три ступени опреснения по диализатному тракту и далее через катодную камеру поступает в емкость чистой воды. В смежных с диализатными камерами (рассольных) образуется концентрированный раствор.

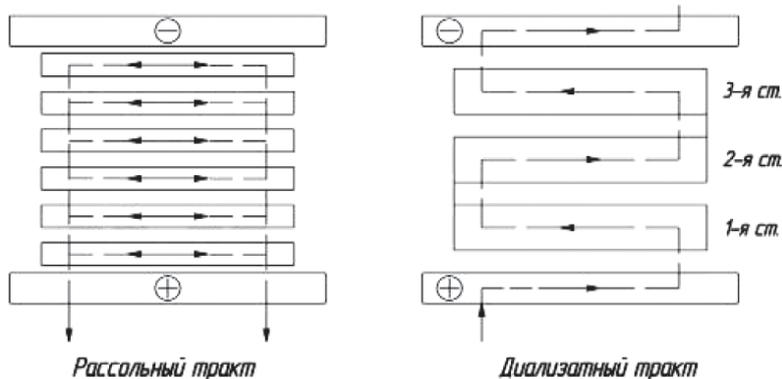


Рис. 6. Схема трактов в электродиализном аппарате.

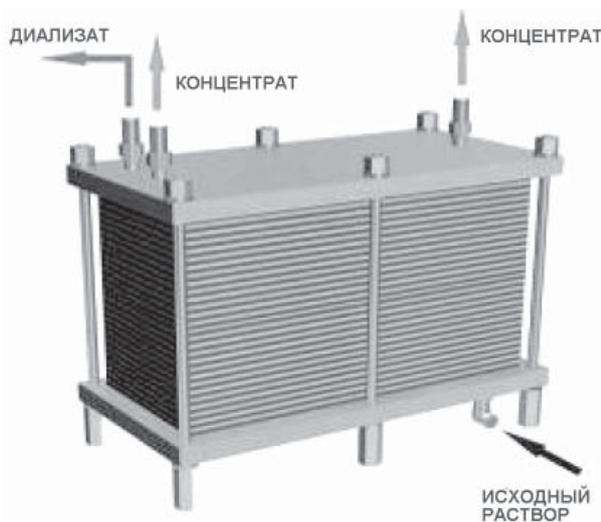


Рис. 7. Трехступенчатый электродиализный аппарат с непроточными камерами концентрирования.

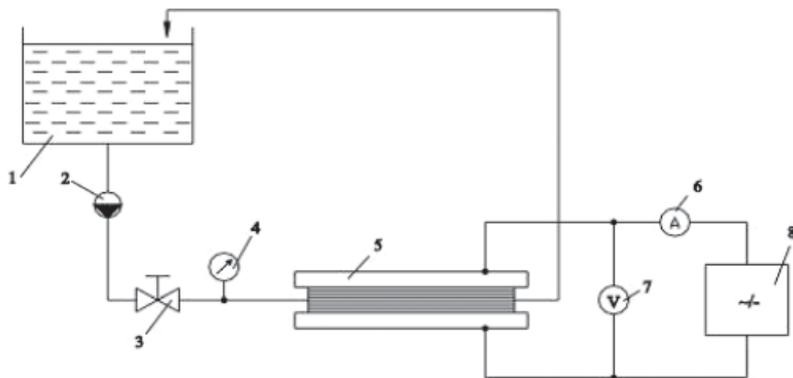


Рис. 8. Схема лабораторного стенда: 1 – бак с водой; 2 – насос; 3 – регулирующий вентиль; 4 – манометр образцовый; 5 – экспериментальный аппарат; 6 – амперметр; 7 – вольтметр; 8 – источник постоянного и переменного тока.

Нами проведена сборка электродиализного аппарата с непроточными камерами концентрирования (рис. 7) и изготовлен источник его питания.

На рис. 8 приведена принципиальная схема лабораторного стенда. Вода из бака 1 под давлением, создаваемым насосом 2, подается в экспериментальный аппарат 5. Давление воды регулируется вентилем 3 по показаниям образцового манометра 4, далее производились замеры объема воды в единицу времени.

На рис. 9 представлен действующий образец электродиализного аппарата и синтезированные нами образцы ионообменных мембран.

Заключение

Таким образом, разработаны эффективные методы синтеза новых интерполимерных ионообменных мембран с улучшенными физико-механическими и электрохимическими характеристиками [9–11]. На пилотных электродиализных ячейках изучены их основные характеристики. В результате проведенных исследований разработан электродиализный аппарат для разделения воды от органических жидкостей и описан принцип его действия.

Литература

1. Sata T. Ion Exchange Membranes. Preparation, Characterization, Modification and Application // Tokuyama Research, Japan, 2004. 314 p.
2. Салдадзе К.М. Ионообменные высокомолекулярные соединения / К.М. Салдадзе, А.Б. Пашков, В.С. Титов М.: Госхимиздат, 1960. 355 с.

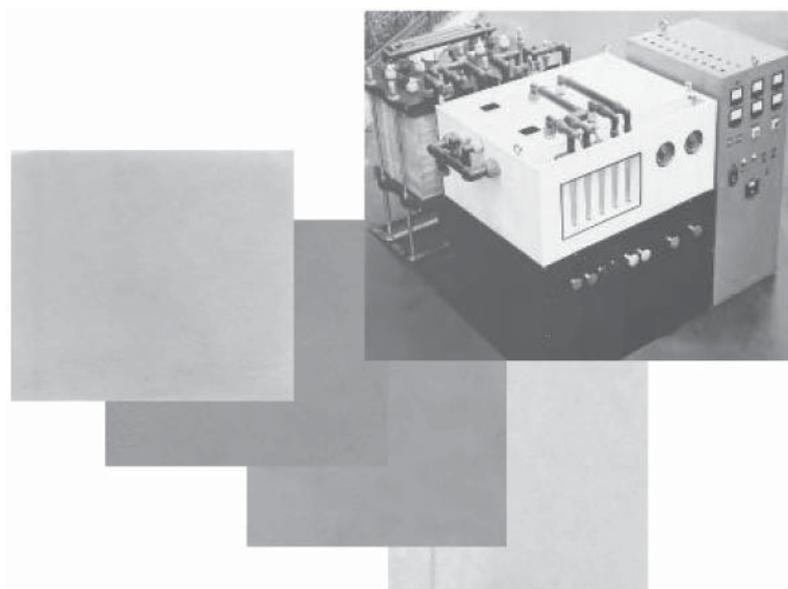
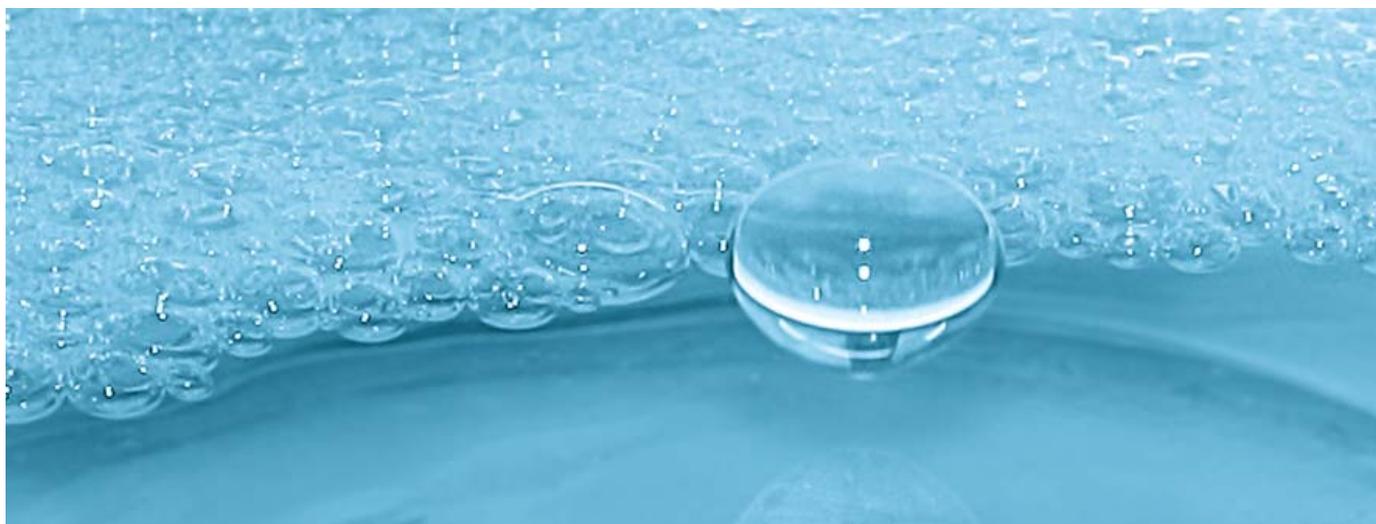


Рис. 9. Электродиализная установка ЭДУ 1 – 400×60 и мембраны для очистки воды от примесей и органических растворителей.



3. Чалов Т.К. Высокопроницаемые полиэлектродолиты и ионообменные мембраны на основе некоторых кислород – и азотсодержащих соединений. Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Алматы, 2005. 40 с.

4. Ergozhin E.E. Ion-exchange materials on base of nitrogen- and oxygen- bearing compounds and some polyamines / E.E. Ergozhin T.K, Chalov., A.A. Tskhay., T.V. Kovrigina., K.Kh. Khakimbolatova // The III Intern. Scientific Conf. «Modern Tendencies of Development of Science in Central Asia» To the 70th Anniversary of Korean Diaspora's Residing in Central Asia. Almaty, 2007. Abstract Book. P. 129-130.

5. Чалов Т.К. Интерполимерные анионообменные мембраны на основе глицидиловых и аллильных соединений / Т.К. Чалов, Т.В. Ковригина, Б.Е. Бегенова, К.Х. Хакиболатова. // Мат. Научно-практ. конф. молодых ученых. КазНУ им. аль-Фараби. 2006. С. 72.

6. Инновационный патент РК № 21336. Способ получения интерполимерных мембран / Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Ковригина Т.В., Хакиболатова К.Х.; опубл. 15.06.09, Бюл. изобр. № 6.

Ключевые слова:

мембраны,
статическая
обменная емкость,
селективность,
электролиз

7. Инновационный патент РК № 23162. Способ получения интерполимерных мембран / Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Ковригина Т.В., Бегенова Б.Е., Хакиболатова К.Х., Изатбеков Е.У.; опубл. 15.11.10, Бюл. изобр. № 11.

8. Вольфович Ю.М. Метод эталонной контактной порометрии // Труды Всерос. научн. конф. «Мембраны-2007». М. 2007. С. 93.

9. Ergozhin E.E. Ion-exchange membranes on the basis of nitrogen- and oxygen containing compounds and some polyamines / E.E. Ergozhin, T.K. Chalov, T.V. Kovrigina // Межд. конф. «PERMEA 2009», 2009. Прага. С. 29.

10. Ергожин Е.Е. Интерполимерные мембраны с наноразмерными порами / Е.Е. Ергожин, Т.К. Чалов, Т.В. Ковригина, Е.У. Изатбеков // V Всероссийская Каргинская конф. «Полимеры – 2010». М. 2010. С. 107.

11. Ергожин Е.Е. Электрохимия мембранных процессов / Е.Е. Ергожин, Т.К. Чалов, А.А. Цхай, Т.В. Ковригина // Известия научно-техн. общества «Кахак». 2010. № 5. С.75-79.



E.E. Ergozhin, T.K. Chalov, A.A. Tshaj, T.V. Kovrigina, K.H. Hakimbolatova

ELECTRODIALYSIS DESALINATION PLANTS BASED ON INTERPOLYMER MEMBRANES

Effective methods for interpolymer ion exchange membrane synthesis with modified physical-mechanical and electrochemical properties has been developed. Their basic physicochemical properties have

been investigated using pilot electro dialysis cells. As a result electro dialysis apparatus for water separation from organic liquids has been constructed with description of its operating principals.

Key words: membranes, static exchange capacity, selectivity, electro dialysis