



УДК 66.081.6

Исследование электрокинетических характеристик обратноосмотических полупроницаемых мембран в водных растворах гидрокарбоната натрия

Лазарев С.И., Головин Ю.М., Мицул И.П., Никитенков Д.О.,
Поликарпов В.М., Хорохорина И.В., Холодилин В.Н.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

Поступила в редакцию 5.06.2013 г.

Аннотация

Проведены исследования электрокинетических характеристик обратноосмотических полупроницаемых мембран. Получены экспериментальные кривые зависимости потенциала от времени процесса сорбции гидрокарбоната натрия мембранами МГА-95 и МГА-100. Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10 %. Разработанный способ определения мембранного потенциала в процессе сорбции гидрокарбоната натрия можно использовать в качестве методики тестирования полимерных полупроницаемых мембран.

Ключевые слова: мембрана, сорбция, потенциал, методика.

Investigations of electrokinetic characteristics of reverse osmosis semipermeable membranes are searched. We obtained experimental curves thought the potential, depending on the sorption's of membranes MGA and MGA-95-100. The discrepancy between calculated and experimental data does not exceed 10%. Developed method of determining membrane potential in the sorption's process can be used as test methods for semipermeable polymeric membranes.

Keywords: membrane, sorption, , potential, method

Введение

К современным мембранным процессам разделения промышленных растворов и стоков предъявляют высокие требования по коэффициенту задержания и водопроницаемости мембран. Поэтому изучение структуры мембран и их тестирование имеют важное научно-прикладное значение для проектирования и конструирования мембранных элементов и аппаратов [1-3].

Отметим, что реальное рабочее состояние мембраны - это набухшее состояние и поэтому в таком состоянии следует проводить исследования общей пористости, радиуса пор и структуры поверхности мембраны [4-5]. Процесс набухания - результат работы сорбционных процессов под действием электрических зарядов, создаваемых мембранной разностью потенциалов, что позволяет обнаружить некоторую связь с потоком ионов, молекул раствора в поровом пространстве мембраны [6-8].

Эксперимент

Целью настоящей работы явилось исследование электрокинетических характеристик обратноосмотических мембран МГА – 95, МГА – 100 в процессе сорбции гидрокарбоната натрия с измерением разности потенциалов.

Для изучения процесса сорбции гидрокарбоната натрия измерялись разности потенциалов на мембранах МГА-95, МГА-100 в разборной ячейке с двумя симметричными сосудами, в которых закреплялись угольные электроды и манометрические трубки [6]. Мембраны площадью $78,5\text{мм}^2$ фиксировались между сосудами резьбовым соединением. Электроды площадью $3,14\text{мм}^2$, которые готовились из спектральных угольных электродов, пропитывались расплавленным парафином с последующей полировкой торцов, располагались соосно у поверхности мембраны с постоянным расстоянием. Сосуды одновременно заполнялись дистиллированной водой.

Разность потенциалов измерялась высокоомным цифровым вольтметром INSTEK GDM-8246 с последующей передачей данных через COM-порт по специальной, созданной программе сбора данных в программных компонентах ПК с возможностью записи через 0,5сек., что позволяло следить за величиной $\varphi(t)$ в реальном времени.

Обсуждение результатов

Полученные экспериментальные данные по зависимости потенциала от времени процесса сорбции воды обратноосмотическими полупроницаемыми мембранами вида МГА-95 и МГА-100 приведены на рис. 1.

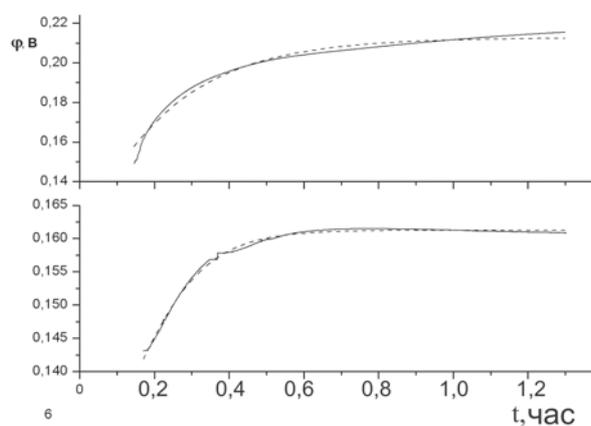


Рис. 1. Зависимость $\varphi(t)$ при сорбции воды мембранами МГА-100(верх), МГА-95(низ) (кривые — экспериментальная, ---- теоретическая)

В процессе анализа полученных данных по сорбции воды (рис. 1) возникла необходимость выполнить измерения потенциала на мембранах МГА-95, МГА-100 при прямом осмосе. В этом случае сосуды одновременно наполнялись с одной стороны (дистиллированной водой) растворителем, а с другой стороны 5% раствором соды (NaHCO_3).

Экспериментальные кривые при одновременном действии диффузионных и осмотических процессов представлены в виде зависимости мембранных потенциалов от времени $\varphi = f(t)$ при прямом осмосе на рис.(2).

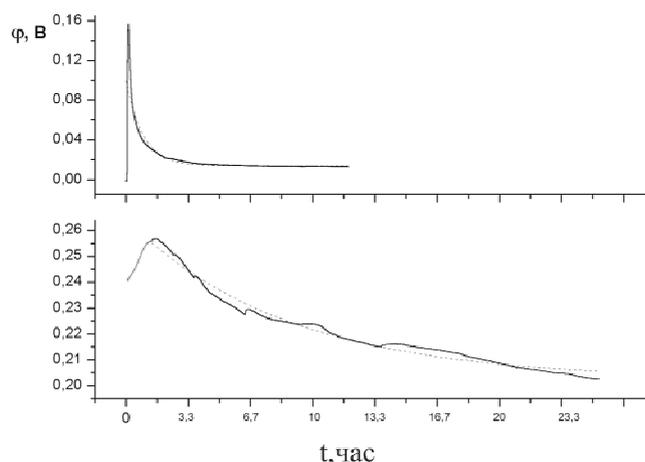


Рис. 2. Зависимость мембранных потенциалов от времени при полном осмосе МГА-95(верх), МГА-100(низ)
(кривые — экспериментальная, ---- теоретическая)

Сравнительный анализ хода кривых $\varphi(t)$ (рис. 1 и 2) выявил зависимость потенциала от структурных свойств мембран. При этом потенциал для обеих мембран в первые моменты времени растет, достигая максимального значения $\varphi=160$ мВ для мембраны МГА-95 и $\varphi=260$ мВ для мембраны МГА-100, соответственно. Затем асимптотически спадает и за промежуток времени более 12 часов достигает $\varphi=28$ мВ для мембраны МГА-95 и $\varphi=202$ мВ для мембраны МГА-100 (рис.2, кривые – сплошная линия).

Анализ и систематизация результатов эксперимента с использованием программы ORIGIN6 показали, что в процессе сорбции и прямого осмоса разных по структурам мембран можно проследить определенную закономерность. Так функциональная зависимость потенциала от времени при сорбции воды может быть представлена уравнением:

$$\varphi = \varphi_{max} - \varphi_0 \cdot e^{-\beta t}, \quad (1)$$

где β – коэффициент сорбции, а $\varphi_0 \cdot e^{-\beta t} = \zeta$ – потенциал.

Значения $\varphi_{max}, \varphi_0 \cdot e^{-\beta t} = \zeta$ – потенциал, β были рассчитаны по времени релаксации и представлены в таблице 1.

Это уравнение хорошо описывает, с одной стороны, экспериментальные кривые на рис. 1, а с другой – данные по коэффициенту сорбции и согласуется с величинами, полученными в работе [9].

Функция $\varphi(t)$ для прямого осмоса представляет экспоненциальную зависимость для возрастающей части кривой как уравнение 1 и убывающей части, как

$$\varphi_{осм} = \varphi_{min} + \varphi_0 \cdot e^{-P(t-\tau)}, \quad (2)$$

где P – коэффициент проницаемости (или релаксации); τ – время сорбции мембраны в растворе (для мембран МГА-95 – 0,5 ч, МГА-100 – 1 ч) до максимального потенциала.

Данные $\beta_1, P, \varphi_0 \cdot e^{-P(t-\tau)} = \zeta$ (дзета) потенциал представлены в таблице 1.

Такая зависимость свидетельствует, вероятнее всего, о том, что на активных мембранах в процессе сорбции возникает скачок потенциала (уравнение 1) (ζ – потенциала) за счет кинетических явлений, который вносит вклад в собственный потенциал мембраны.

Таблица 1. Данные β_1 , P , $\varphi_0 \cdot e^{-P(t-\tau)}$ – ζ (дзета) потенциал

Марка мембраны	Сорбция				Прямой осмос				
	ζ -потенциал, мВ		φ_{\max} , мВ	β , $\cdot 10^{-3}$ с $^{-1}$	ζ -потенциал, мВ		φ_{\min} , мВ	β_1 , $\cdot 10^{-3}$ с $^{-1}$	P_x , $\cdot 10^{-5}$ с $^{-1}$
	min	max			min	max			
МГА-95	-19.6	-53	164	9	+26	+70	28	5.5	11
МГА-100	-27	-75	215	5	+23	+62	202	2.5	3.4

Затем в процессе прямого осмоса происходит уменьшение потенциала вследствие изменения направления движения молекул, ионов через поры мембраны на величину электрокинетического ζ -потенциала, а мембранный потенциал стремится к предельным минимальным величинам $\varphi_{\min} = 28$ мВ для МГА-95 и $\varphi_{\min} = 202$ мВ для МГА-100, но не достигает их (рис. 2).

Заключение

Таким образом, есть основания считать, что в определенный момент времени (t_p) наступает динамическое равновесие между гидродинамической силой, определяемой осмотическим давлением ($\pi = \rho gh$) и электродвижущей силой мембранного потенциала. Это связано со временем релаксации (коэффициентом проницаемости P) как $t_p \geq (1/P)$. При этом ζ -потенциал меняет знак от отрицательного значения для сорбции на положительный при осмосе. Рассчитанные значения коэффициентов сорбции, проницаемости и ζ -потенциала полупроницаемых мембран МГА-95 и МГА-100 коррелируются с коэффициентами, приведенными в работе [9].

Список литературы

1. Хванг С.-Т., Каммермейер К. Мембранные процессы разделения: пер. с англ. / под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1981. 464 с.
2. Карелин Ф.Н. Обессоливание воды обратным осмосом. М.: Стройиздат, 1988. 208 с.
3. Духин С.С., Чураев Н.В., Ярощук А.Э. Обратный осмос и диэлектрические свойства // Химия и химическая технология воды. 1984. Т. 6. № 4. С. 291-301.
4. Лазарев С.И., Быстрицкий В.С., Головин Ю.М. и др. Иерархо-упорядоченная структура порового пространства обратноосмотических композиционных мембран с позиции фрактального подхода // Вестник ДГУ. 2012. № 6. С. 234-238.
5. Поликарпов В.М., Лазарев С.И., Головин Ю.М. и др. Экспериментальное исследование пористой структуры обратноосмотических композиционных мембран методом МУРР // Конденсированные среды и межфазные границы. 2010. Т.12. №4, С. 382-385.
6. Вендельштейн Б.Ю. Исследование разрезов нефтяных и газовых скважин методом собственных потенциалов. М. 1966. 206 с.
7. Мулдер М. Мембраны. - М.: Мир, 1999. 513 с.

8. Чураев А.В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. М.: Химия. 1990. 272 с.

9. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. М. : ДеЛи принт, 2007. 208 с.

Лазарев Сергей Иванович – д.т.н., профессор, зав. кафедрой каф. прикладной геометрии и компьютерной графики, ТГТУ, Тамбов

Головин Юрий Михайлович - к.х.н., доцент, каф. физика, ТГТУ, Тамбов

Мицул Ион Петрович – студент, ТГТУ, каф. радиотехники, ТГТУ, Тамбов

Никитенков Дмитрий Олегович – студент, ТГТУ, каф. радиотехники, ТГТУ, Тамбов

Поликарпов Валерий Михайлович - д.х.н., доцент, ТГТУ, каф. физики, ТГТУ, Тамбов

Холодили Валерий Николаевич – ассистент, каф. физики, ТГТУ, Тамбов

Хорохорина Ирина Владимировна – аспирант, ТГТУ, каф. прикладной геометрии и компьютерная графика, ТГТУ, Тамбов

Lazarev Sergey I. - Dr.Sci.Tech., the professor Head of the Department TSTU, chair Applied geometry and a computer drawing, Tambov, E-mail geometry@mail.nnn.tstu.ru

Golovin Yuri M. - Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, Associate Professor, chair Physics, TSTU, Tambov

Mitsul Ion P. - student, chair Physics, Tambov

Nikitenko Dmitry O. - student, chair Physics, Tambov

Polikarpov Valeriy M. - Dr.Sci.Chem., Associate Professor, , chair Physics, TSTU, Tambov

Holodilin Valeryi N. - assistant, chair Physics, TSTU, Tambov

Khorokhorina Irina V. - PhD student, chair Applied geometry and a computer drawing, TSTU, Tambov