

## ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАН МГА-90Т И ESPA В РАСТВОРАХ СУЛЬФАНИЛАТА НАТРИЯ

© 2012 А. С. Горбачев, К. С. Лазарев, С. В. Ковалев, С. И. Лазарев

*Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, 392000 Тамбов, Россия*

Поступила в редакцию: 13.04.2011 г.

**Аннотация.** В работе представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию плотности электрического тока на коэффициент водопроницаемости мембран ESPA и МГА-90Т при электробаромембранном разделении водного раствора сульфанилата натрия в ячейке плоскокамерного типа. Установлены основные закономерности влияния плотности электрического тока на коэффициент водопроницаемости мембран МГА-90Т и ESPA. Предложено практическое применение наложения электрического потенциала на процесс баромембранного разделения с использованием рулонных и плоскокамерных модулей.

**Ключевые слова:** мембрана, разделение, коэффициент водопроницаемости, электробаромембранный аппарат.

### ВВЕДЕНИЕ

Мембранная технология применяется для разделения водных растворов солей в различных отраслях промышленности, что связано с низкими энергозатратами на процесс мембранного разделения, экологичностью, безреагентностью, возможностью концентрирования и выделения многих ценных веществ [1], особенно сложных органических веществ. В химической промышленности при производстве органических продуктов и полупродуктов образуется огромное количество рабочих растворов и сточных вод, которые необходимо обрабатывать (разделять, концентрировать). Данная проблема присуща и производству ОАО «Пигмент» (г. Тамбов), отработанные растворы которого содержат в своем составе органический полупродукт «Сульфанилат натрия», который как компонент используется для производства оптических отбеливателей «Белофоров». Процессы обработки данных растворов возможно осуществлять и с помощью электромембранных методов разделения наряду с традиционными (выпаркой и т.д.).

Применение широко известного электромембранного метода — электродиализа, который в последнее время применяется для разделения неорганических растворов, сдерживается малоизученностью кинетики массопереноса при разделении органических полупродуктов.

Для интенсификации процесса электромембранного разделения необходимы исследования его кинетики, а также разработка промышленных аппаратов и технологических схем.

Актуальным является изучение влияния физических полей различной природы на процесс мембранного переноса и разработка новых методов разделения [2—5]. Одним из таких методов является мембранный процесс, применяемый при воздействии градиента давления и электрического потенциала — электробаромембранное разделение [6—8].

Важнейшей характеристикой процесса электробаромембранного разделения является коэффициент водопроницаемости мембран. Данная величина характеризует производительность процесса мембранного разделения и является количественной величиной.

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование влияния плотности электрического тока на коэффициент водопроницаемости мембран МГА-90Т и ESPA при разделении водного раствора сульфанилата натрия.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

При изучении влияния плотности тока на коэффициент водопроницаемости были проведены экспериментальные исследования с использованием

**Таблица 1.** Характеристики исследуемых мембран

Название мембран	Тип	Материал активного слоя	Удельный поток растворителя м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с, при P=5МПа	Эксплуатационные характеристики		Сред. коэфф. задерживан для 0,15 % р-ра NaCl, %
				рН	Т, К	
МГА-90Т	обратноосмотическая композиционная	ацетатцеллюлоза	1,04*10 <sup>-5</sup>	3—8	до 323К	95
ЕСРА	обратноосмотическая композиционная	полиамид	1,16*10 <sup>-5</sup>	2—13	до 423К	98

плоскокамерной ячейки с мембранными каналами. Плоскокамерная ячейка при проведении исследований подключалась к лабораторной обратноосмотической установке, описанной в работе [9].

Значение коэффициента водопроницаемости рассчитывали для плоскокамерного модуля по выражению [6]:

$$K = \frac{V}{F_m \cdot \tau \cdot \Delta P}; \quad (1)$$

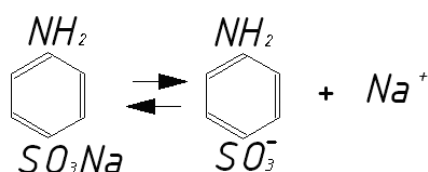
где V — объем собранного пермеата, м<sup>3</sup>; F<sub>м</sub> — рабочая площадь мембраны, м<sup>2</sup>; τ — время проведения эксперимента, с; ΔP — градиент давления, МПа.

В качестве объектов исследования были выбраны выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью мембраны серии МГА-90Т (НПО «Владипор», г. Владимир) и ЕСРА («Hydronautics», США) и модельные растворы сульфанилата натрия различной концентрации. Характеристики исследуемых мембран представлены в табл. 1.

Для измерения коэффициента водопроницаемости готовились растворы сульфанилата натрия (анилин-4-сульфокислоты натриевая соль, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>NSO<sub>3</sub>Na) различных концентраций, C<sub>исх</sub> = 10, 50, 100 кг/м<sup>3</sup>. Плотность электрического тока варьировалась от 0 до 2 А/м<sup>2</sup>. Схема диссоциации сульфанилата натрия представлена на рис. 1.

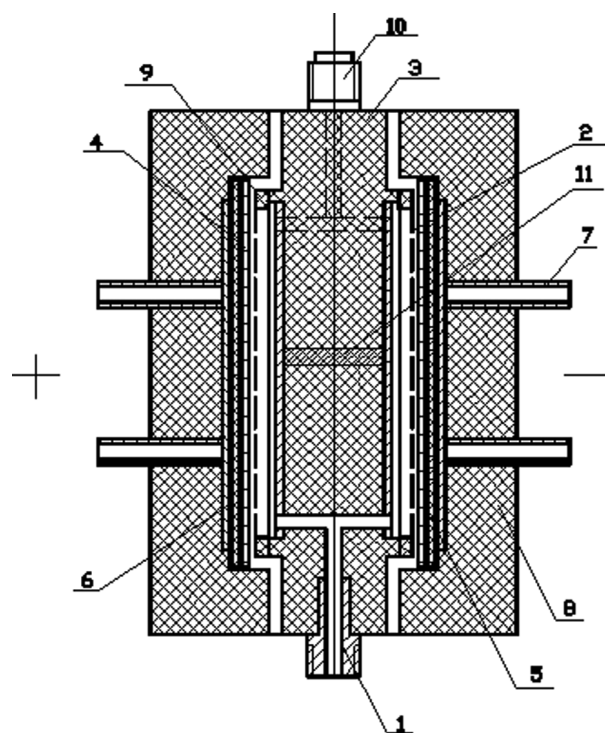
### УСТАНОВКА И АППАРАТУРА

Для исследования влияния плотности электрического тока на коэффициент водопроницаемости



**Рис. 1.** Схема диссоциации сульфанилата натрия

мембран использовалась ячейка, основные составляющие которой выполнены из диэлектрического материала — капролона. Схема плоскокамерной ячейки представлена на рис. 2. Ячейка состоит из двух фланцев 8 типа «выступ-впадина», средняя часть ячейки 3 снабжена электродами 6, выполненными из графитовой ткани марки «Вискум Т.Р.», соединенные через отверстие в средней части ячейки металлической шпилькой 11, которые вместе с мембраной 4 образуют межмембранный канал 2, через который протекает электриче-



**Рис. 2.** Плоскокамерная ячейка: 1 — штуцер для подвода раствора; 2 — межмембранный канал; 3 — средняя часть ячейки; 4 — мембрана; 5 — подложка; 6 — электрод; 7 — пермеатотводящий штуцер; 8 — боковой фланец ячейки; 9 — паронитовая прокладка; 10 — штуцер для отвода ретентата; 11 — металлическая шпилька

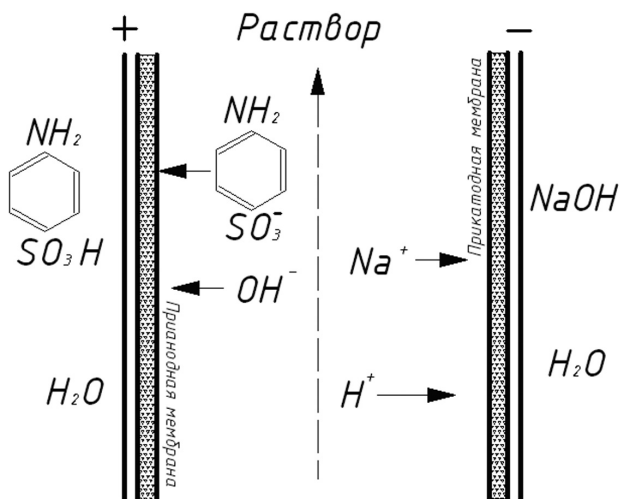


Рис. 3. Схема процесса электробаромембранного разделения раствора сульфанилата натрия

ский ток. Также на средней части ячейки расположены штуцера для подвода раствора и отвода ретентата, соответственно 1 и 10. Мембраны размещались на подложках 5, выполненных из бумаги типа ватмана, тем самым, обеспечивая прокладку между мембранами 4 и электродами 6. На каждом фланце размещены по два пермеатоотводящих штуцера 7. Герметичность и высота межмембранного канала обеспечивается прокладкой 9, выполненной из паронита. Через систему мембрана — раствор пропускали электрический ток, подводя напряжение к электродам 6, подключенным к блоку питания.

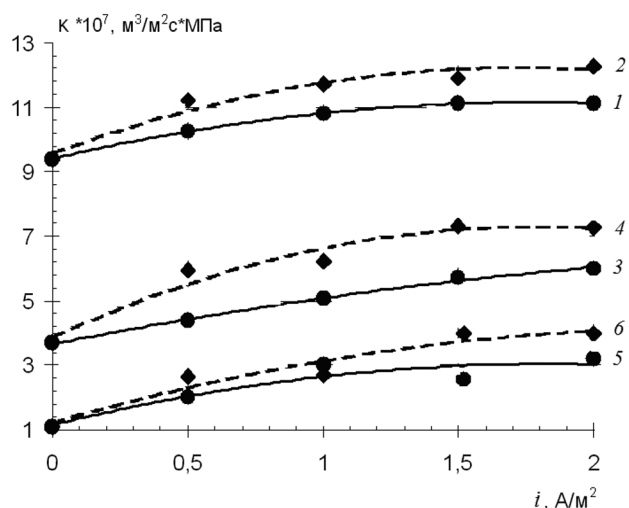


Рис. 4. Влияние плотности электрического тока на удельный поток растворителя через мембрану МГА-90Т при давлении  $P=1$  МПа: 1,2 —  $C_{исх} = 10$  кг/м³; 3, 4 —  $C_{исх} = 50$  кг/м³; 5, 6 —  $C_{исх} = 100$  кг/м³. — прианодная мембрана, - - - - прикатодная мембрана

Схема процесса электробаромембранного разделения раствора сульфанилата натрия представлена на рис. 3. В результате разделения через прикатодную и прианодную мембрану в прикатодном пространстве образуется гидроксид натрия и вода, а в прианодном сульфаниловая кислота и вода.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты экспериментальных исследований, описывающих зависимости величины коэффициента водопроницаемости мембран ESPA и МГА-90Т от плотности электрического тока и концентрации раствора, приведены на рис. 4—5.

Анализ коэффициента водопроницаемости  $K$  от плотности электрического поля (рис. 4—5) показывает, что с увеличением плотности тока коэффициент водопроницаемости повышается. Это связано с увеличением составляющей электроосмотического потока через исследуемые мембраны. Однако при этом обнаружено различное влияние тока на коэффициент водопроницаемости прикатодной и прианодной мембраны. На прикатодных мембранах наблюдалось небольшое увеличение коэффициента водопроницаемости по сравнению с прианодными.

Вероятно, это связано с тем, что под действием электрического тока 4-аминобензолсульфанат и гидроксильные ионы переносятся через прианодную мембрану. А на прикатодной мембране образуются, вероятно, диффузионные пограничные слои и соответственно снижается интенсивность свободного проскока катиона натрия и катиона водорода.

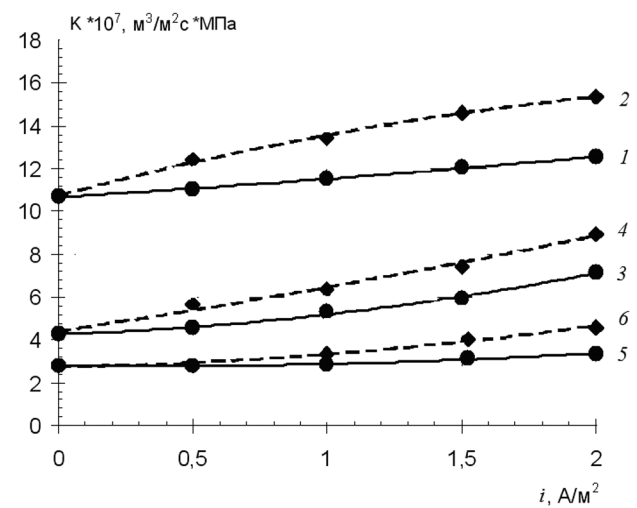


Рис. 5. Влияние плотности электрического тока на удельный поток растворителя через мембрану ESPA при давлении  $P=1$  МПа: 1,2 —  $C_{исх} = 10$  кг/м³; 3,4 —  $C_{исх} = 50$  кг/м³; 5,6 —  $C_{исх} = 100$  кг/м³. — прианодная мембрана, - - - - прикатодная мембрана

С увеличением концентрации происходит уменьшение коэффициента водопроницаемости мембран, что свидетельствует о влиянии осмотического давления на процесс разделения. Также при увеличении концентрации разница между коэффициентом водопроницаемости прикатодной и прианодной мембраны уменьшается, что объясняется увеличением влияния электросорбционной способности мембраны и частичной закупоркой пор [6, 7].

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Для практического использования полученных экспериментальных результатов, которые свидетельствуют об увеличении производительности процесса мембранного разделения при наложении электрического поля, разработаны и запатентованы конструкции электробаромембранных аппаратов рулонного типа и плоскокамерного с целью интенсификации процесса разделения промышленных сульфанилатсодержащих растворов [10, 11].

### ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено увеличение значений коэффициента водопроницаемости мембран при наложении электрического поля при проведении процесса электробаромембранного разделения водного раствора сульфанилата натрия. Отмечено, что с увеличением плотности электрического тока увеличивается коэффициент водопроницаемости мембран ESPA и МГА-90Т.

2. Отмечено различное влияние плотности электрического тока на коэффициент водопроницаемости прикатодной и прианодной мембран при

разделении раствора сульфанилата натрия. Для прикатодных мембран наблюдалось незначительное увеличение коэффициента водопроницаемости по сравнению с прианодными.

3. Проведенные экспериментальные исследования позволили разработать и запатентовать конструкции аппаратов рулонного и плоскокамерного типов для осуществления процесса электробаромембранного разделения.

*Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
2. Дмитриев Н. С. Дис. ... к.т.н. М., 1983. 120 с.
3. Карелин Ю. В. Дис. ... к.т.н. М., 1984. 179 с.
4. Лазарев С. И. // Труды молодых ученых и студентов ТГТУ. Тамбов, 1997. Вып. 1. С. 16—20.
5. Бобровник Л. Д. Электромембранные процессы в пищевой промышленности. Киев: Выща школа, 1989. 272 с.
6. Хванг С.-Т., Каммермейер К. Мембранные процессы разделения. М.: Химия, 1981. 464 с.
7. Лейси Р.Е., Леба С. Технологические процессы с применением мембран. М.: Мир, 1976. 372 с.
8. Духин С. С., Сидорова М. П., Ярощук А. Э. Электрохимия мембран и обратный осмос. Л.: Химия, 1991. 192 с.
9. Лазарев С. И., Горбачев А. С., Кузнецов М. А. // Химия и хим. технология. 2005. Т. 48. Вып. 4. С. 126—129.
10. Лазарев С. И., Горбачев А. С., Абоносимов О. А. Пат. 2268085 (Россия) 2006.
11. Ковалев С. В., Лазарев С. И., Чепеняк П. А. и др. Пат. 2403957 (Россия) 2010.

*Горбачев Александр Сергеевич* — к.т.н., ст. преподаватель, Тамбовский государственный технический университет; e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

*Лазарев Константин Сергеевич* — ассистент, Тамбовский государственный технический университет; e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

*Ковалев Сергей Владимирович* — к.т.н., ст. преподаватель, Тамбовский государственный технический университет; e-mail: sseedd@mail.ru

*Лазарев Сергей Иванович* — д.т.н., профессор, зав. кафедрой прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет; e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

*Gorbachev Alexander S.* — PhD (technical science), the senior teacher, Tambov State Technical University; e-mail geometry@mail.nnn.tstu.ru

*Lazarev Konstantin S.* — the assistant, Tambov State Technical University; e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

*Kovalev Sergey V.* — PhD (technical science), the senior teacher, Tambov State Technical University; e-mail: sseedd@mail.ru

*Lazarev Sergey I.* — grand PhD (technical science), professor, chief of chair applied geometry and the computer drawing, Tambov State Technical University; e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru