



УДК 66.081.6-278

Сорбционные характеристики обратноосмотических мембран

Головашин В.Л., Ковалев С.В., Лазарев К.С., Чепеняк П.А.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

Поступила в редакцию 10.11.2009 г.

Аннотация

В статье приводятся экспериментальные и расчетные данные по сорбционным характеристикам полимерных обратноосмотических мембран MGA-95P, ESPA и OPM-K для растворов сульфата олова, сульфата кальция, сульфата магния и сульфата железа (II) при варьировании исходной концентрации и температуры раствора. Определена величина потенциала поля поверхностных сил для каждой мембраны и раствора. Предложена расчетная формула, позволяющая определить концентрацию в мембране в зависимости от концентрации и температуры исходного раствора.

Ключевые слова: сорбция, обратноосмотическая мембрана, расчетная формула, коэффициент распределения

In article the experimental and settlement data on adsorption to characteristics polymeric reverseosmosis membranes MGA-95P, ESPA and OPM-K for solutions of sulphate of tin, sulphate of calcium, sulphate of magnesium and sulphate of iron (II) is cited at a variation initial concentration and solution temperature. The size of potential of a field of superficial forces for each membrane and a solution is defined. The settlement formula, allowing to define concentration in a membrane depending on concentration and distemper-rounds of an initial solution is offered.

Keywords: Adsorption, Reverseosmosis membrane, The settlement formula, Distribution factor

Введение

Для математического описания и анализа процесса обратного осмоса необходимо использовать равновесный коэффициент распределения растворенного вещества между раствором и мембраной [1, 2]. Концентрацию растворенного в мембране вещества можно определить экспериментально. Данная характеристика является интегральной величиной и зависит от многих параметров (вида растворенного вещества, его концентрации, материала мембраны, температуры и ряда других).

Техника и методика эксперимента

Эксперименты по определению сорбционных характеристик полимерных обратноосмотических мембран проводились согласно следующей методике: из середины мембранной ленты вырезались образцы мембран определенного размера

(80x120 мм), затем образцы помещались в светонепроницаемую емкость, где отмывались от примесей сорбционного характера, полученных при производстве мембран, бидистиллированной водой. После отмывки образцы обжимались в обратноосмотической установке плоскорамного типа, до постоянных значений производительности дистиллированной водой. Обжатые образцы помещались в герметичные термостатируемые емкости (притертые бюксы) с раствором определенной концентрации на 24 часа. Достигшие равновесия с раствором образцы исследуемых мембран извлекались из емкостей, с поверхности фильтровальной бумагой удалялся раствор, образец помещался в емкости с бидистиллированной водой. Количество промывок определялось пределом определения концентрации в вымываемом растворе. Концентрация растворенного вещества в промывочном растворе определялась фотометрически [3].

Результаты эксперимента

Полученные экспериментальные изотермы сорбции приведены на рис. 1÷3 сплошной линией. Из полученных данных следует, что мембраны МГА-95П, ESPA и ОПМ-К по отношению к разным веществам (при прочих равных условиях) обладают различной сорбционной емкостью, наиболее сорбируемым веществом является сульфат кальция, сульфат олова, сульфат железа (II) и сульфат магния сорбируются в меньшей степени. Данный эффект можно объяснить исходя из связи сорбционной способности с растворимостью веществ в воде [4], вещества хорошо растворимый в воде сульфат олова сорбируется поверхностью мембран в меньшей степени чем “плохо” растворимые сульфат магния, сульфат кальция и сульфат железа (II), а так же из следующих соображений: различия в материале активного слоя мембран (активный слой мембраны МГА-95П состоит из ацетатцеллюлозы, а мембран ESPA и ОПМ-К из полисульфонамида), различной пористости активного слоя мембран, различного знака заряда поверхности мембран. Из экспериментальных данных (см. рис. 1, 2, 3) видно, что с ростом концентрации и температуры исходного раствора концентрация растворенного вещества в мембране изменяется нелинейно, с увеличением концентрации исходного раствора (в исследованном диапазоне) концентрация в мембране возрастает, с повышением температуры концентрация в мембране уменьшается. Уменьшение концентрации в мембране, с ростом температуры, можно объяснить исходя из повышения растворимости веществ в воде в зависимости от температуры [4]. Следует отметить, что за счет заполнения объема пор сорбированными веществами происходит изменение сечения пор, а некоторые, наиболее узкие поры мембран могут в результате объемного заполнения полностью блокироваться, что отражается на таких характеристиках мембран как коэффициент задержания и удельная производительность, и имеет важное значение для анализа массопереноса и объяснения отдельных кинетических характеристик мембран.

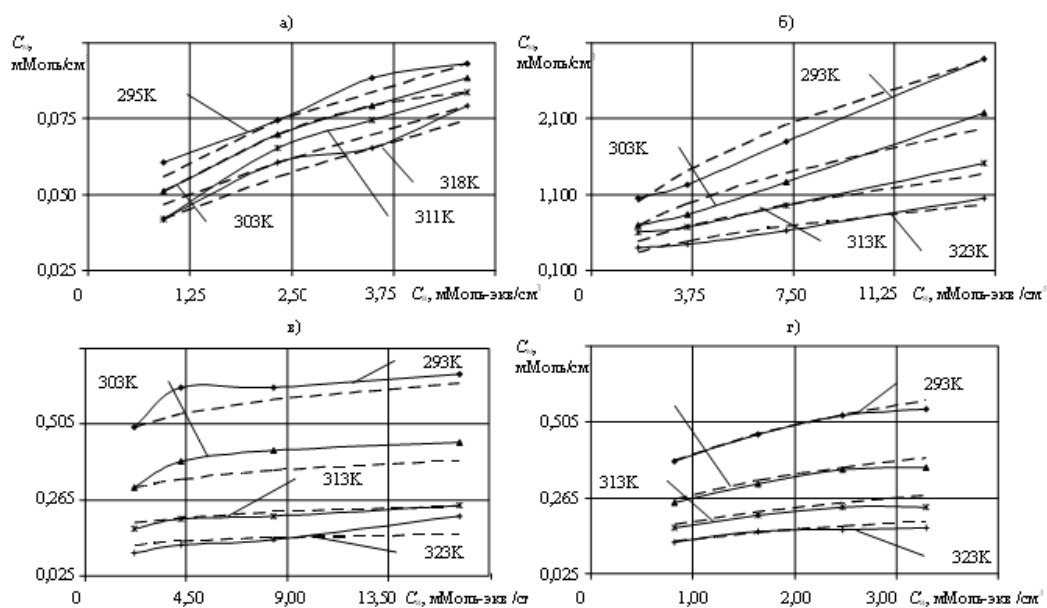


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные зависимости сорбционной способности мембраны МГА-95П от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO₄, б) - CaSO₄, в) - MgSO₄, г) - FeSO₄

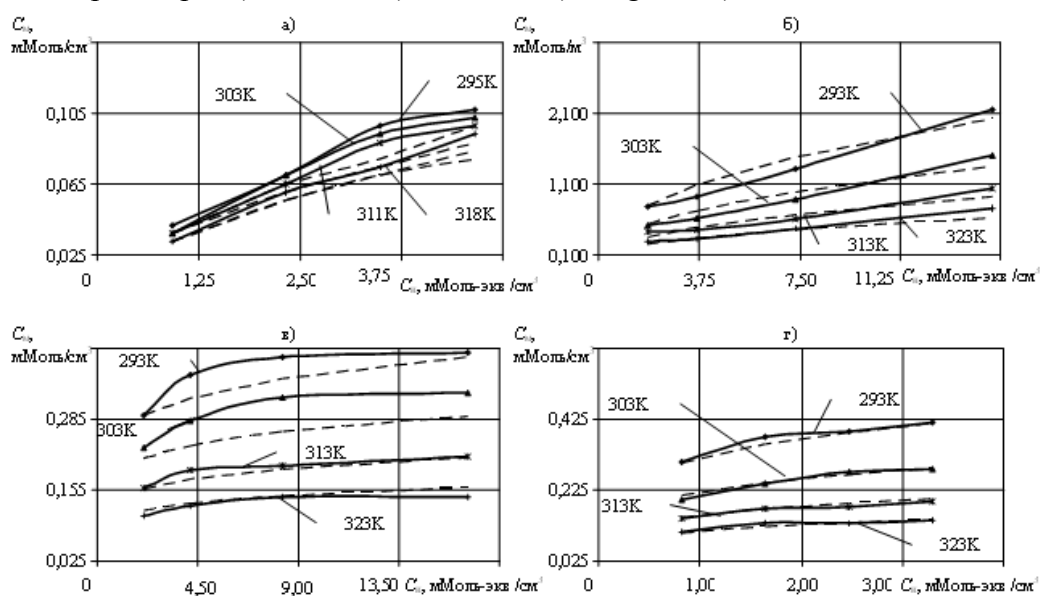


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные зависимости сорбционной способности мембраны ESPA от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO₄, б) - CaSO₄, в) - MgSO₄, г) - FeSO₄.

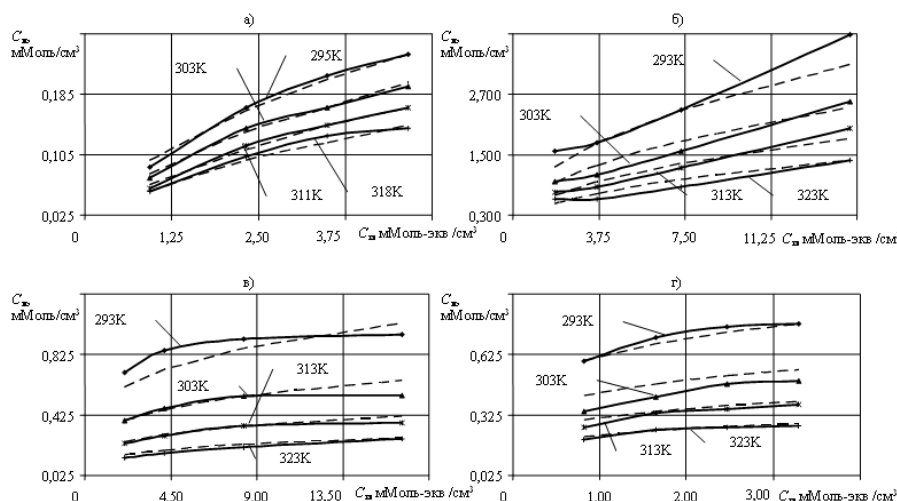


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные зависимости сорбционной способности мембраны ОПМ-К от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO_4 , б) - CaSO_4 , в) - MgSO_4 , г) - FeSO_4

Приведенные зависимости достаточно хорошо описываются уравнением Френдлиха [4]. С учетом зависимости от температуры уравнение Френдлиха нами записывалось в виде:

$$C_m = b \cdot C_n^n \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^m \quad (1)$$

где: b , n , m – числовые коэффициенты (см. табл. 1); C_m – концентрация растворенного вещества в мембране, $\text{кг}/\text{м}^3$; C_n – концентрация растворенного вещества в исходном растворе, $\text{кг}/\text{м}^3$; T_0 – реперная температура (принятая равной 293), К; T – абсолютная температура раствора, К.

Таблица 1. Коэффициенты уравнения 1

Тип мембраны	Тип раствора	b	n	m
МГА-95П	SnSO_4	0,02	0,39	1,83
ЕСРА		0,02	0,59	2,25
ОПМ-К		0,05	0,57	6,72
МГА-95П	CaSO_4	6,87	0,51	10,70
ЕСРА		6,73	0,45	12,00
ОПМ-К		6,51	0,46	8,90
МГА-95П	MgSO_4	1,74	0,12	14,62
ЕСРА		1,44	0,15	9,38
ОПМ-К		2,08	0,25	13,58
МГА-95П	FeSO_4	2,67	0,29	11,36
ЕСРА		2,44	0,22	11,00
ОПМ-К		2,70	0,19	10,36

Данные рассчитанные по уравнению 1 представлены на рис. 1÷3 штриховой линией.

Предельный коэффициент задержания мембран, в отсутствие явления концентрационной поляризации, связан с равновесным коэффициентом

распределения K (и потенциалом поля поверхностных сил U) обратной зависимостью. Согласно [2], потенциал поля поверхностных сил U на поверхности мембраны можно определить по уравнению:

$$U = -R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{C_m}{C}\right) \quad (2)$$

где: R – универсальная газовая постоянная, кДж/Моль·К;

Из расчетов представленных на рис. 4÷6 видно, что с ростом концентрации исходного раствора потенциал поля поверхностных сил возрастает для всех типов мембран, с увеличением температуры он увеличивается, что хорошо согласуется с теоретическими представлениями [2]. Косвенным подтверждением различий в сорбционной емкости мембран являются экспериментальные данные по коэффициенту задержания, проведенные на плоскорамной ячейке проточного типа, при одинаковых концентрациях и температурах исходных растворов, описанные в [5]. Мембраны имеющие большую сорбционную емкость задерживают меньше растворенного вещества, что так же хорошо согласуется с теорией [2].

Средний коэффициент корреляции (данные рис. 1÷3) составил: для мембраны МГА-95П и растворов: SnSO_4 - 0,984, CaSO_4 - 0,998, MgSO_4 - 0,890, FeSO_4 - 0,940; для мембраны ESPA и растворов: SnSO_4 - 0,987, CaSO_4 - 0,996, MgSO_4 - 0,833, FeSO_4 - 0,889; для мембраны ОПМ-К и растворов: SnSO_4 - 0,980, CaSO_4 - 0,995, MgSO_4 - 0,889, FeSO_4 - 0,938.

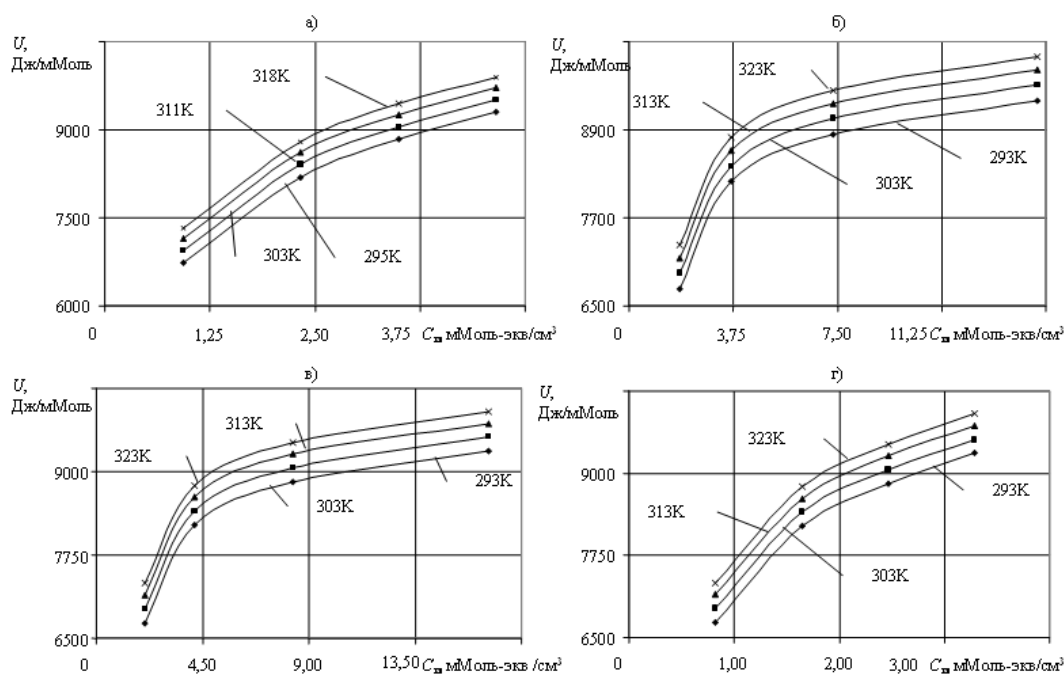


Рис. 4. Расчетные зависимости потенциала поля поверхностных сил мембраны МГА-95П от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO_4 , б) - CaSO_4 , в) - MgSO_4 , г) - FeSO_4

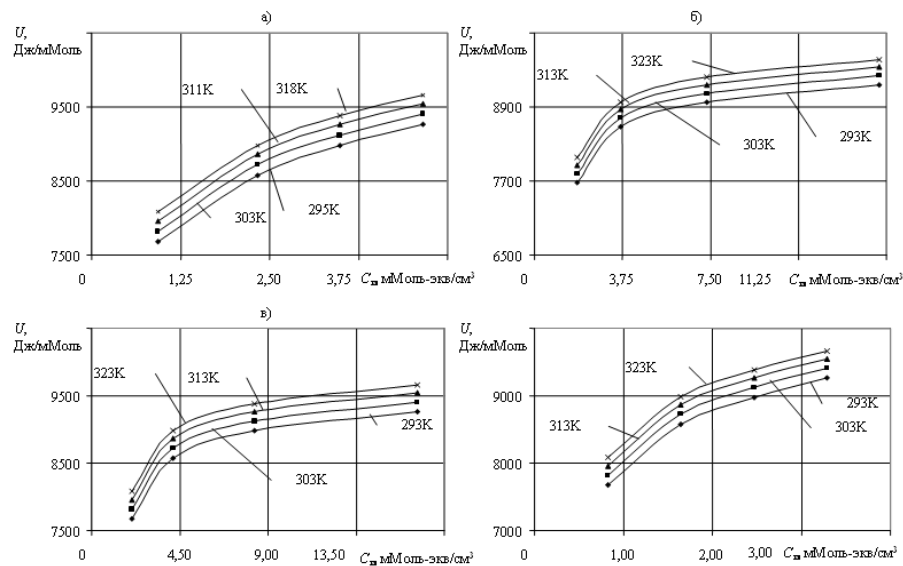


Рис. 5. Расчетные зависимости потенциала поля поверхностных сил мембраны ESPA от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO_4 , б) - CaSO_4 , в) - MgSO_4 , г) - FeSO_4

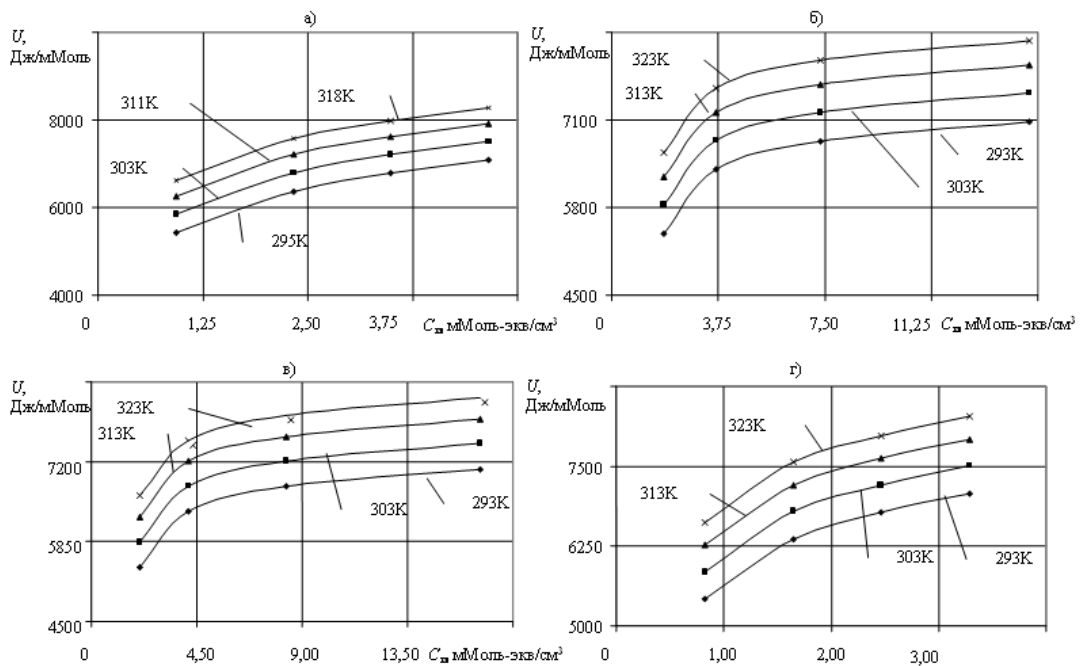


Рис. 6. Расчетные зависимости потенциала поля поверхностных сил мембраны ОПМ-К от концентрации и температуры исходного раствора: а) - SnSO_4 , б) - CaSO_4 , в) - MgSO_4 , г) - FeSO_4

Заключение

Результаты экспериментальных исследований и расчеты выполненные по формулам (1÷2) представлены на рис 1÷6. Как видно из рисунков расхождение экспериментальных и расчетных данных не превышает 10 %, что является приемлемым для инженерных расчетов. Проведенные исследования выявили зависимости сорбционных характеристик мембран МГА-95П, ESPA и ОПМ-К от вида растворенного вещества, его концентрации и температуры раствора (в

исследованных диапазонах концентраций и температур). Получено аппроксимационное соотношение, описывающее влияние исследованных параметров на процесс сорбции.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009-2013гг., по теме “Теоретико-экспериментальные исследования влияния поверхностных явлений на сорбционные и проницаемые коэффициенты пористых тел”, ГК№02.740.11.0272 07.07.2009г, и по теме “Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику разделения агропромышленных растворов в пористых ультрафильтрационных мембранах”, ГК№П2065 03.11.2009г.

Список литературы

1. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Мартынов Г.А. и др. // Химия и технология воды. 1981.- Т.3, №2. С.99.
2. Чураев Н.В. Физикохимия процессов массопереноса в капиллярно-пористых телах. М.: Химия.- 1990.
3. Лурье Ю.Ю., А.И. Рыбников. Химический анализ производственных сточных вод. Изд. 4-е перераб. и доп. М.: Химия, 1974.
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988.
5. Лазарев С.И., Мамонтов В.В., Ковалев С.В. // Изв. Вузов. Химия и химическая технология. 2006.- Т. 49, вып. 9. С. 52.

Головашин Владислав Львович – к.т.н., доцент кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, тел. служ. 8(4752) 53-03-70

Ковалев Сергей Владимирович – младший научный сотрудник кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, тел. служ. 8(4752) 53-03

Golovashin Vladislav L. – The senior lecturer, chairs “Applied geometry and the computer drawing”, TSTU, Tambov, e-mail: vvvtam@inbox.ru

Kovalev Sergey V. – The younger scientific employee, Chairs “Applied geometry and the computer drawing”, TSTU, Tambov, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru