**Филиппов, Анатолий Николаевич.**

## Роль поверхностных сил в процессах ультра- и микрофильтрации : диссертация ... доктора физико-математических наук : 02.00.11. - Москва, 1999. - 300 с. : ил.

## Оглавление диссертациидоктор физико-математических наук Филиппов, Анатолий Николаевич

Среди многих гипотез объяснения механизма селективности обратно-осмотических мембран [1] наиболее адекватным, на наш взгляд, является электрохимический механизм мембранного опреснения воды [2]. При этом, если активный слой мембраны обладает пористой структурой, то задержание электролита может обеспечиваться за счет прививки поверхностного заряда мембраны [3]. Таким образом, на основе ультрафильтрационных промышленных мембран за счет химического модифицирования их поверхностного слоя, могут быть созданы высоко селективные по отношению к низкомолекулярным электролитам фильтры, обладающие к тому же высокой проницаемостью при низких рабочих давлениях (<1,5 МПа), что является их бесспорным преимуществом перед обратноосмотическими мембранами.

Рассмотрим установившийся процесс фильтрования в тупиковом режиме водного раствора бинарного электролита через заряженную пористую мембрану (схема процесса представлена на Рис.4.1). Если поперечный размер фильтрационной ячейки мал по сравнению с диаметром мембраны, то процесс можно рассматривать в одномерном приближении. В дальнейшем, изложение материала основывается на работе [4].

0 V ш

-8 V к X

1 г

Рис.4.1. Схема процесса разделения электролитов: - область интенсивного перемешивания раствора с постоянной концентрацией электролита С00 = С±2±; - ламинарный неперемешиваемый слой; - заряженная мембрана; - фильтрат с постоянной концентрацией электролита С, = С/±г±.

4.2 Положительно заряженная мембрана

Рассмотрим сначала случай анионообменной мембраны с объемной плотностью заряда р> 0.

В области интенсивного перемешивания считаются заданными мольные концентрации катионов Со+ и анионов Со- , и выполнено условие электронейтральности : где Z+ - зарядности ионов.

Если через С00 обозначить исходную молярную концентрацию зарядов ионов электролита, то из (4.1) следует:

Для потока ионов 3+ в области диффузионного слоя толщины воспользуемся приближением Нернста-Планка где V - скорость фильтрации, постоянная при данном трансмембранном перепаде давления АР, 1)± - коэффициенты диффузии ионов, (р - безразмерный электрический потенциал в единицах Ж/ЛТ (Г - число Фарадея, /? - универсальная газовая постоянная, Т - абсолютная температура), штрих означает дифференцирование по координате х, нормальной к поверхности мембраны и направленной вглубь фильтрата.

Z+Q+ ~ - О,

4.1)

Qo - - Cqz.

4.2)

4.3)

Система (4.3) должна быть дополнена условиями электронейтральности

Z+C+ (4.4) и отсутствия тока

Z+J+=ZJ (4.5) которое остается справедливым во всех областях.

Из уравнения (4.4) следует, что молярная концентрация зарядов ионов электролита в диффузионном слое равна с0=с+г+ (4.6)

На границе х = - - концентрации С<>+ и потенциал <р непрерывны, поэтому

С± (-8) = С0± или С0(-8) = С00, (4.7а) р(-8) = 0. (4.76)

В области мембраны уравнения Нернста-Планка суть /± = а±уС± - ± г+С+р'), (4.8) где £Уп+ - коэффициенты диффузии ионов в мембране; а± - коэффициенты, характеризующие отличие средней скорости ионов в теле мембраны от скорости конвективного потока воды. Условие электронейтральности в мембране дает соотношение:

4.9) которое с учетом замены

С„ г

4.10) позволяет выразить С через новую неизвестную Со'.

С = р + с с

4.11)

Вводя безразмерные переменные и параметры по формулам: к =

Соо ^ О II 8

К У

УС0+ УС0 у П.

А) т А)

7Г' ± ~ и т. где 3+ = / Zí, Э0 - масштаб коэффициентов диффузии, у = х/ и разрешая систему уравнений (4.3) с учетом граничных условий (4.7), получим выражение для безразмерной концентрации: = к + (\-к)еху[Реу(у + \)\

4.12) где + vZ у =-. z+

Система уравнений (4.8) в области мембраны в безразмерном виде есть кРеут+=а+ут+Ре%-%' , (4.13а) кРеут = аут„Ре(а + Z{a + %)<р/. (4.136) где использовано соотношение (4.11).

Из (4.13) легко получить выражение для градиентов электрического потенциала и безразмерной концентрации £ п А^+Вк-Са (р =Ре- , + а /2Г

4.14а) „ Z,Zя:P<? А£ + Вк-Са

4' = аутРе% + —;---5--—— + + а г

4.146) л-РеСаХ. -кРеут, где обозначено

А = г ' ~ г с = г Z z = z +

На межфазных границах х = (у = 0), х = к (у = Н) должны выполняться условия равенства электрохимических потенциалов, которые в безразмерном виде приводят к соотношениям

Здесь Афо = <р(+0)~ <р(-0), А(рц = (р(Н+0) - (р(Н-О) - скачки электрического потенциала на принимающей и отдающей поверхностях мембраны, у± = ехр(Ф+ ) - коэффициенты равновесного распределения ионов в порах мембраны, Ф± - безразмерные потенциалы неспецифического взаимодействия ионов с матрицей мембраны (в единицах кв Т, кв - постоянная Больцмана). Заметим, что в (4.16) учтено условие постоянства концентраций ионов С± в фильтрате, т. е.

J±=vCf± или «7 = уСу, (4-17) где Су = Суч^±, = ^±2+ выбраны таким образом, чтобы автоматически удовлетворять условиям электронейтральности и отсутствия тока.

Вводя вспомогательные величины и = %(+0)/ а и IV = £ (Н-0)/ а, из граничных условий (4.15), (4.16) с учетом (4.12) получим уравнения для определения и и ж