



Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

Факультет инженерной химии

Кафедра Мембранной Технологии

Е.Н. Фарносова, Каграманов Г.Г., Колесников В.А.

Наночильтрационная очистка воды. Достижения, возможности и перспективы



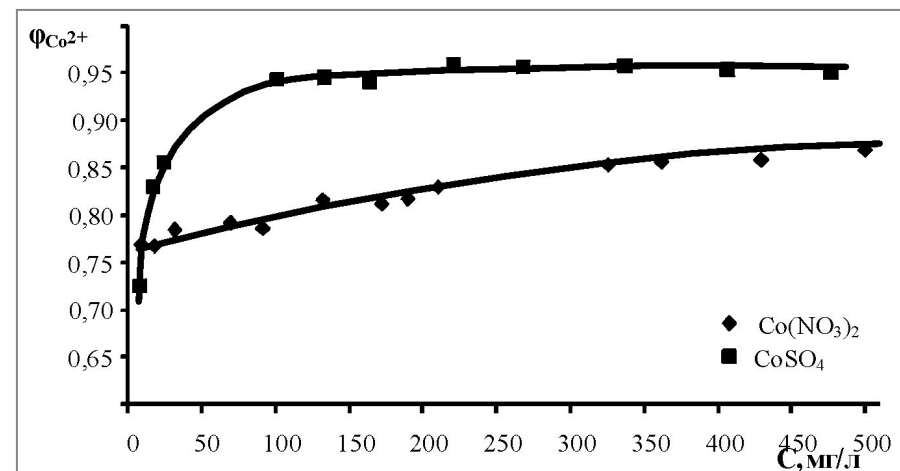
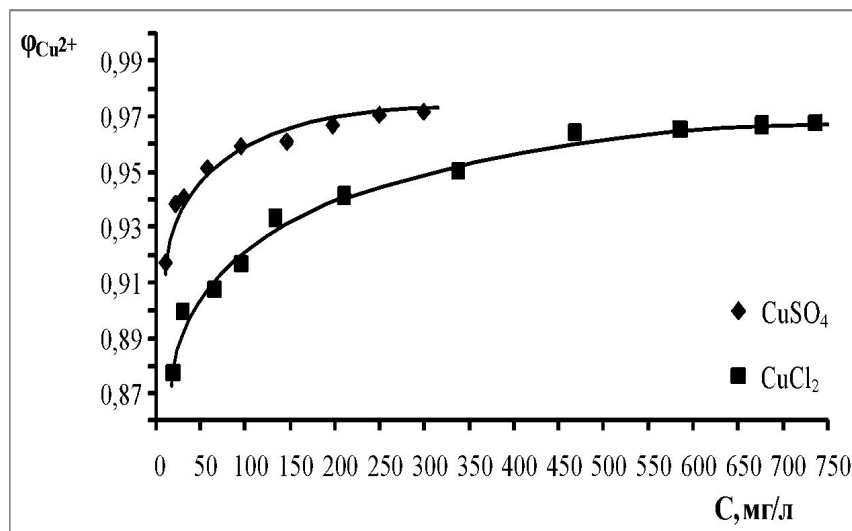
- Микрофильтрация (МФ) – баромембранный процесс разделения, в котором мембраны задерживают частицы размером от 0,08 до 5 мкм.
- Ультрафильтрация (УФ) – баромембранный процесс разделения, в котором мембрана задерживает высокомолекулярные соединения.
- Наночильтрация (НФ) – баромембранный процесс, в котором эффективность разделения растворов определяется как размером пор, так и зарядом мембраны.
- Обратный осмос (ОО) – баромембранный процесс, заключающийся в разделении раствора с помощью полупроницаемых мембран под давлением, превышающем осмотическое.



Факторы, влияющие на процесс НФ:

- Природа полимера, образующего селективный слой мембраны;
- толщина селективного слоя;
- знак, величина и плотность поверхностного заряда;
- состав исходного раствора (возможные взаимодействия компонентов раствора и с материалом мембраны, и между собой);
- величина рН исходного раствора;
- температура;
- градиент давления и т.д.

НФ - производитель ЗАО «НТЦ Владипор» модель ЭРН-Б-45-300:
площадь мембраны $0,3\text{ м}^2$, высота напорного канала $0,6\text{ мм}$, материал селективного слоя – полиамидполиамид (селективность по $0,2\%$ MgSO_4 – $0,90$; удельная производительность по дистиллированной воде при температуре 20°C – $6,5\text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{бар})$).



Влияние природы растворенного вещества и его концентрации на селективность НФ мембран



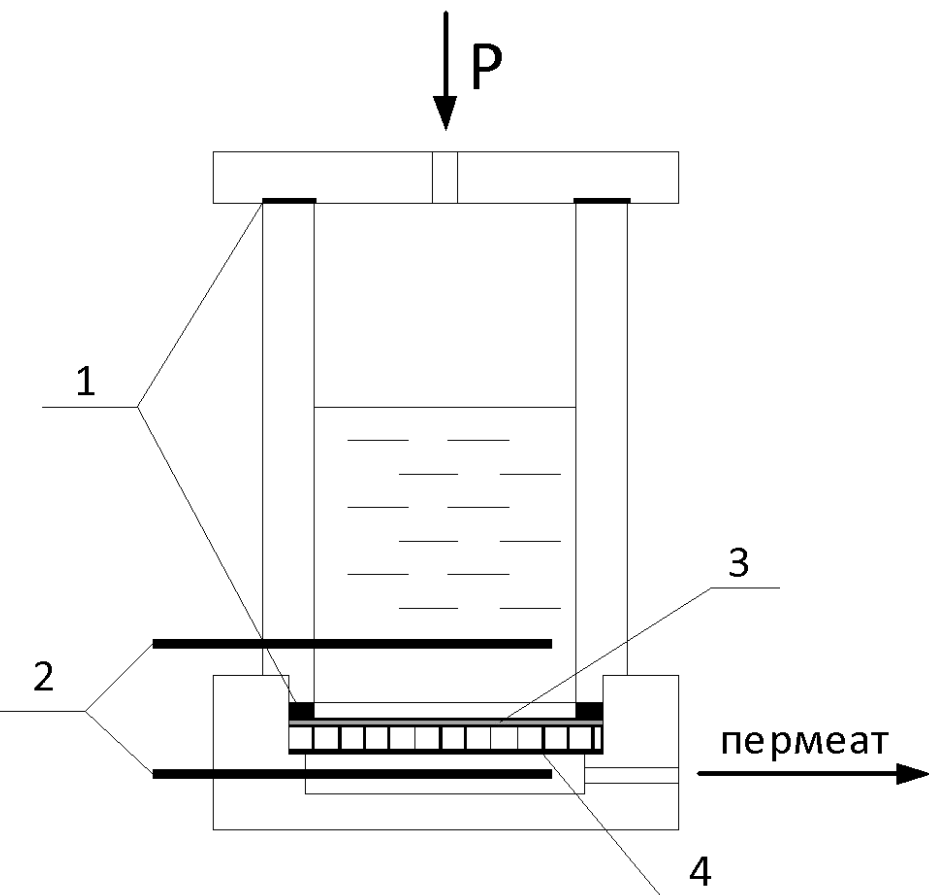
Истинная селективность НФ мембран

Исходная концентрация соли - 10 мг/л (по катиону); $\Delta P=2,4$ бар; $pH=6,5$; температура 20 °С.

	ЭРН-Б-45-300 (№1)	NF 270-400 (№2)
NaCl	0,579	0,450
Na ₂ SO ₄	0,700	0,682
CdCl ₂	0,879	0,659
CuSO ₄	0,998	0,996

Значения величины ζ -потенциала и заряда поверхности σ

№ опыта	Образец №1 (новые)		Образец №1 (отработанные)		Образец №2	
	ζ , мВ	σ , мКл/м ²	ζ , мВ	σ , мКл/м ²	ζ , мВ	σ , мКл/м ²
1	-13,8	-3,2	-14,6	-3,4	-28,5	-7,0
2	-14,1	-3,3	-13,9	-3,3	-28,2	-6,9



Ячейка измерения потенциала течения

*1 – прокладка, 2 – Ag-AgCl электроды,
3 – мембрана, 4 – пористая подложка*

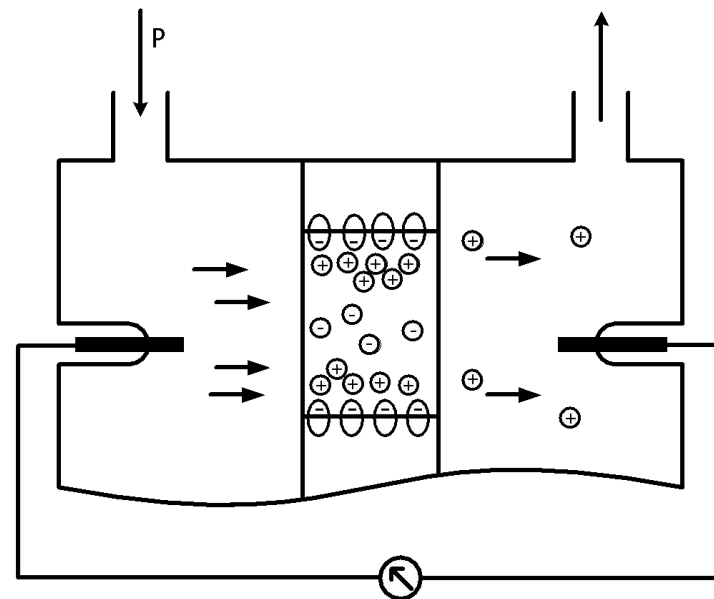
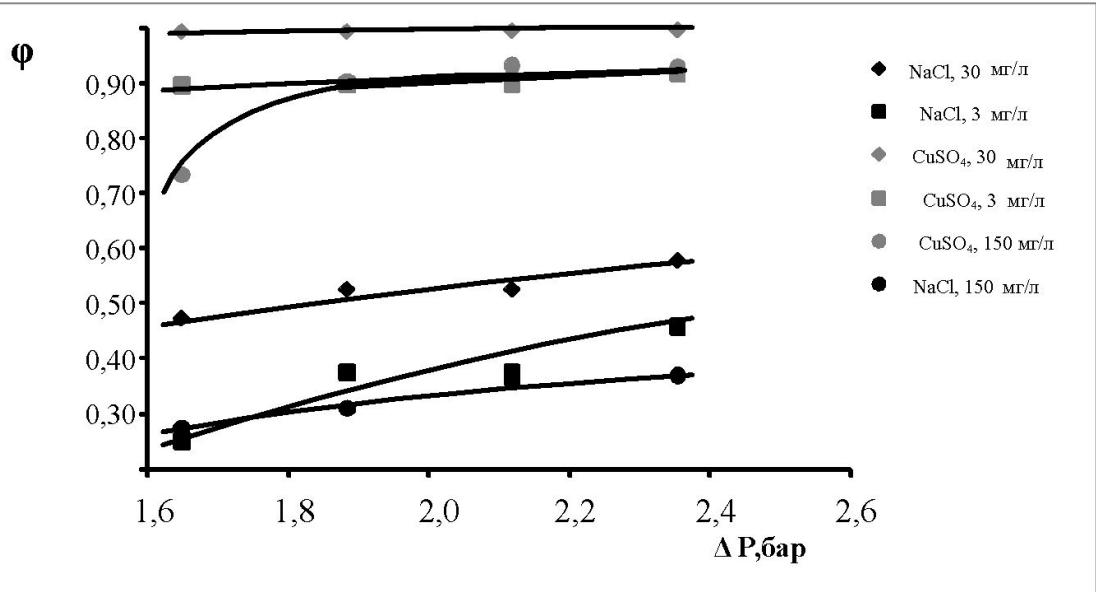


Схема измерения потенциала течения

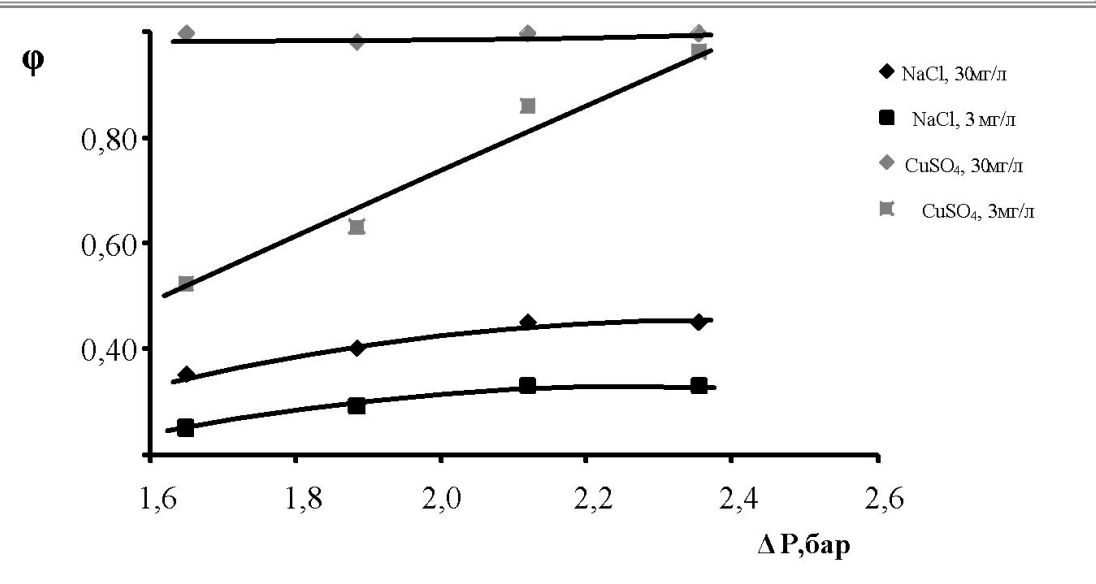


а)

Влияние давления на истинную селективность НФ мембран:

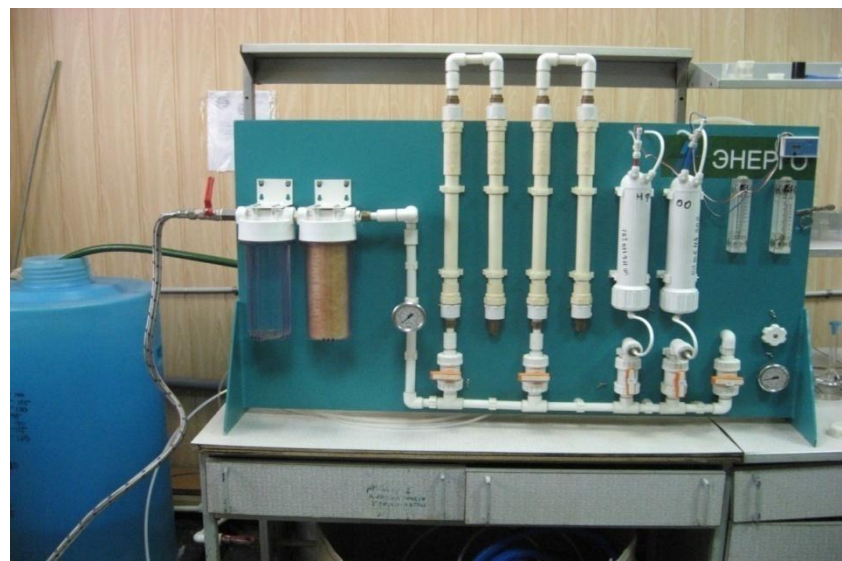
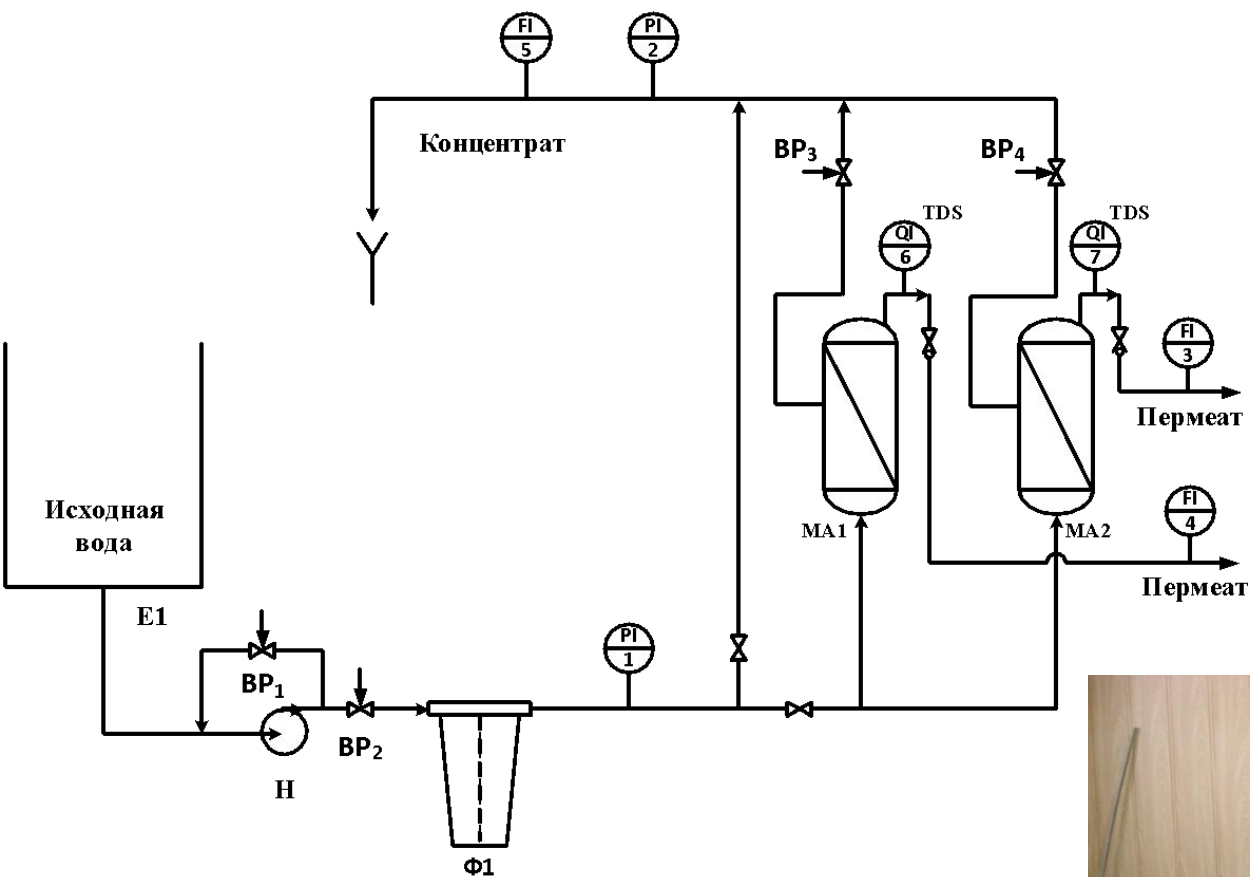
- а) «Владипор»,
- б) *Filmtec NF 270-400*

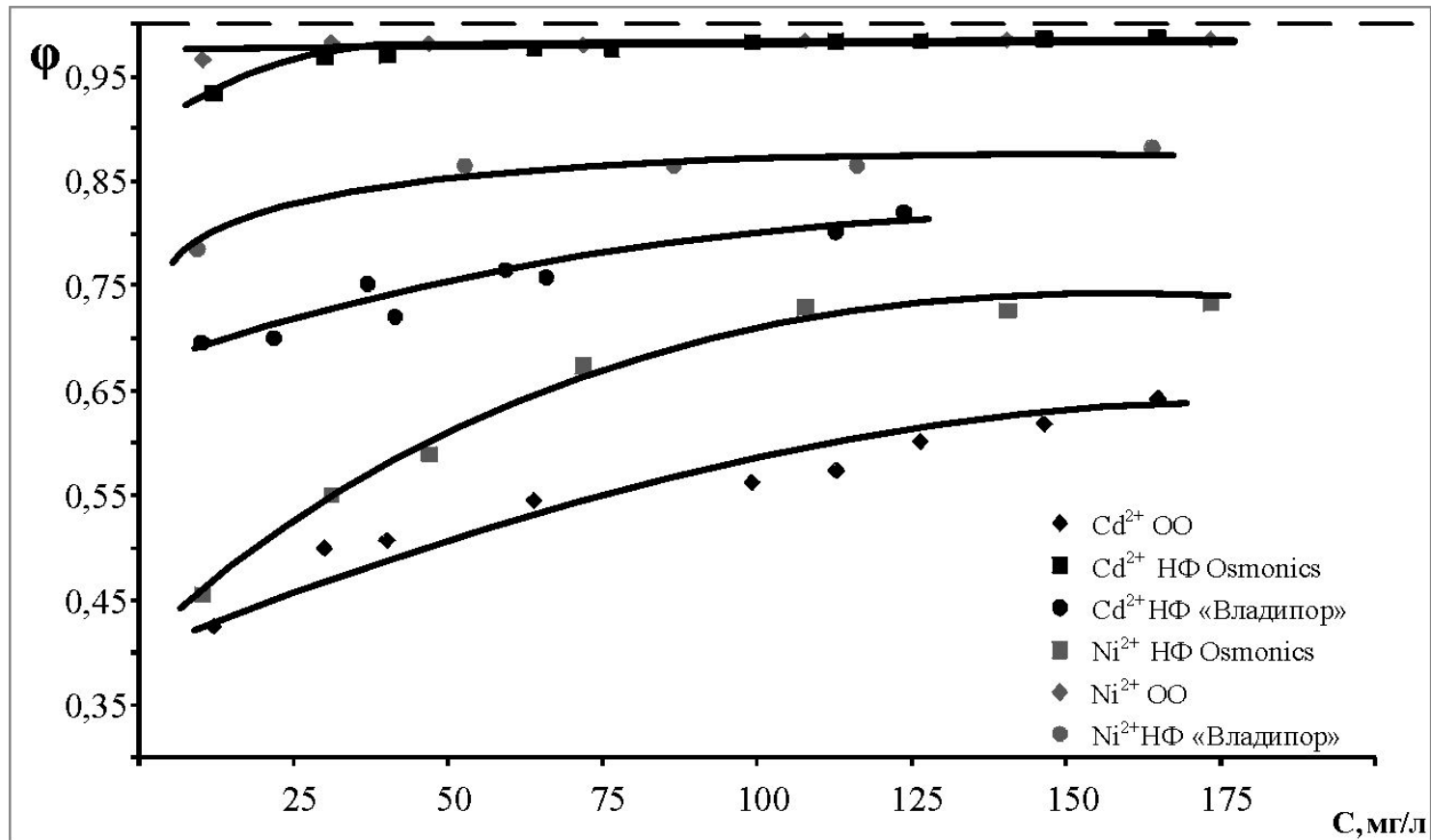
$\Delta P = 3,6$ бар;
температура 20 °С;
рН=6,5



б)

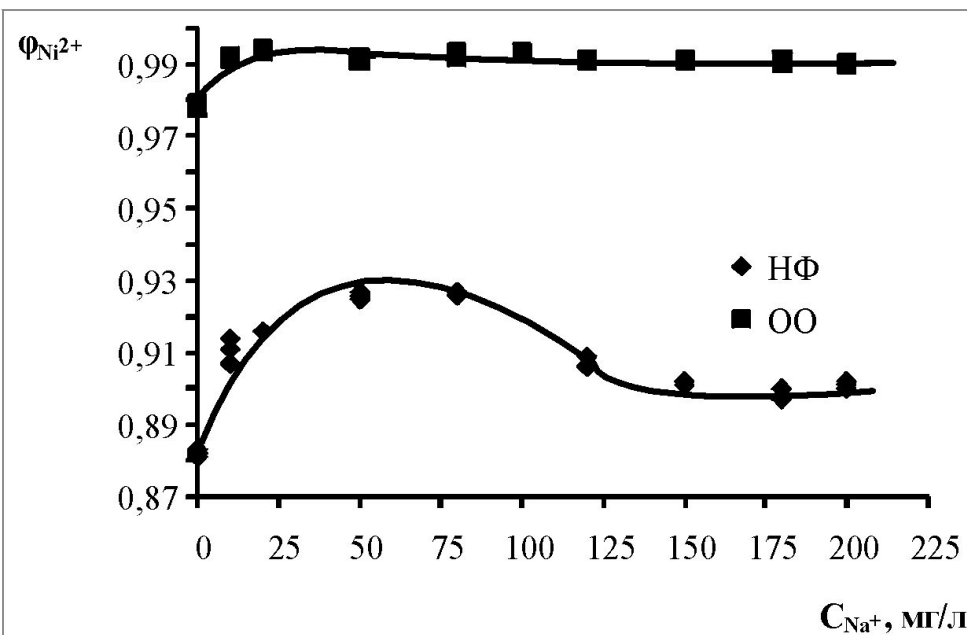
Установка обратного осмоса и наночильтрации





Влияние концентрации на селективность мембран

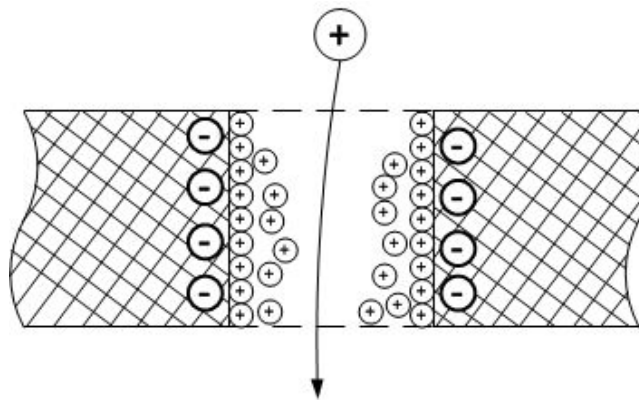
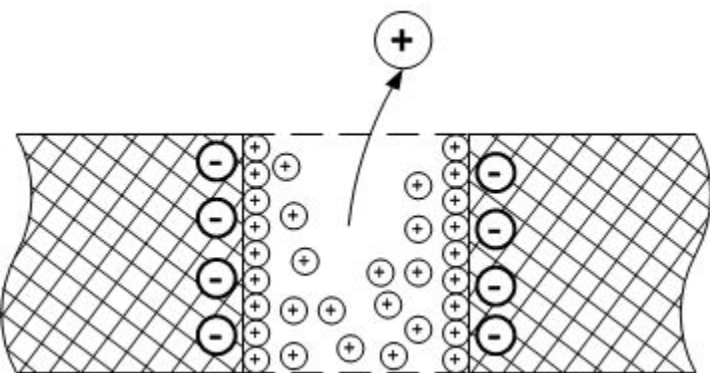
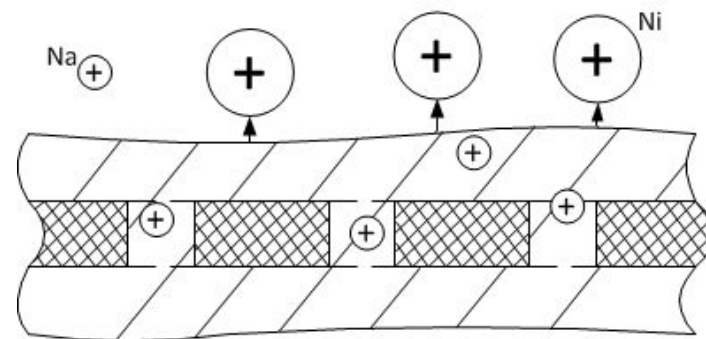
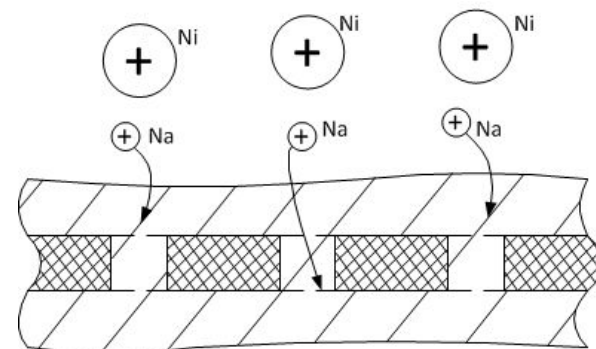
$\Delta P=3,6$ бар; температура 20°C ; $\text{pH}=6,5$

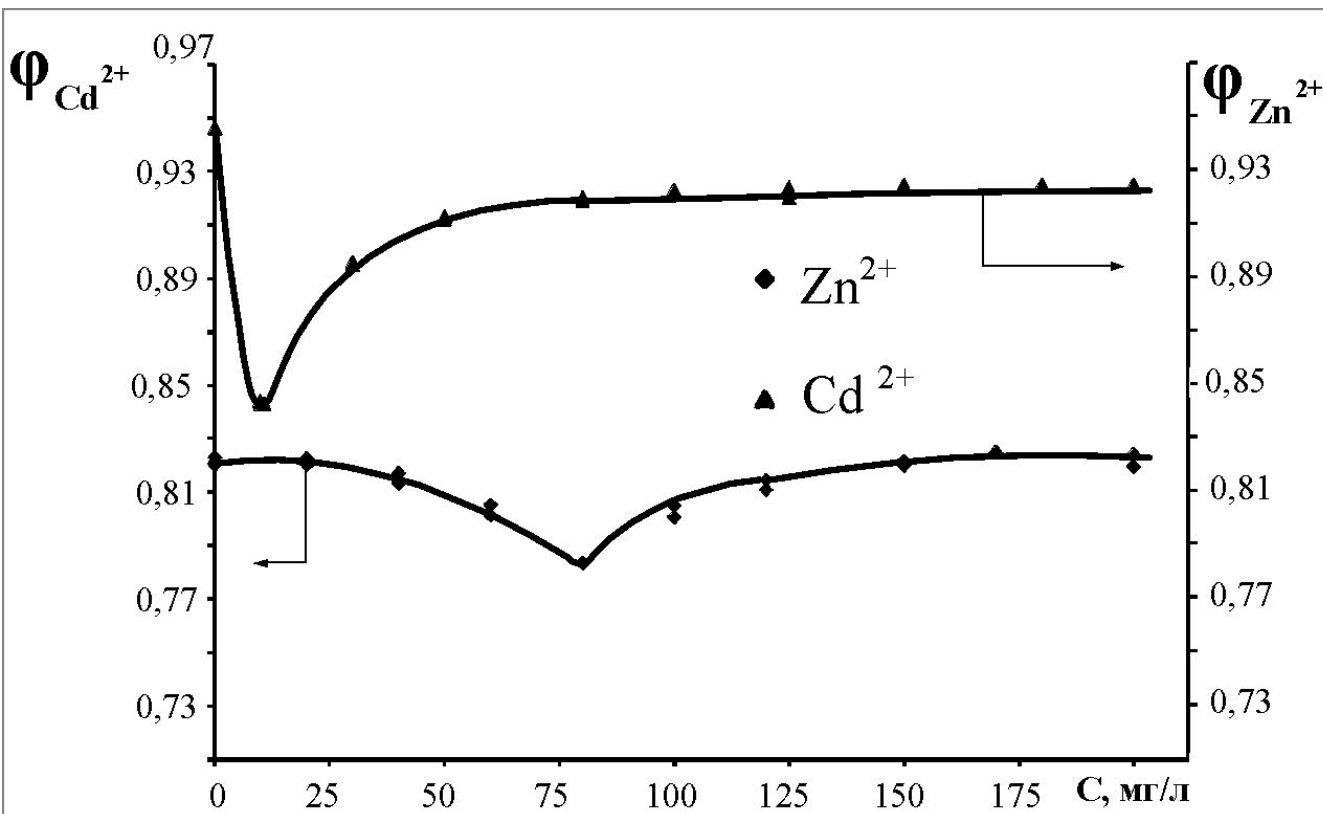


Влияние концентрации катиона натрия на селективность ОО и НФ мембран по никелю
 $\Delta P=3,6$ бар; температура 20^0C ; $pH=6,5$

$$\Delta H_{r Na^+} = 423 \text{ кДж/кмоль}$$

$$\Delta H_{r Ni^{2+}} = 2140 \text{ кДж/кмоль}$$



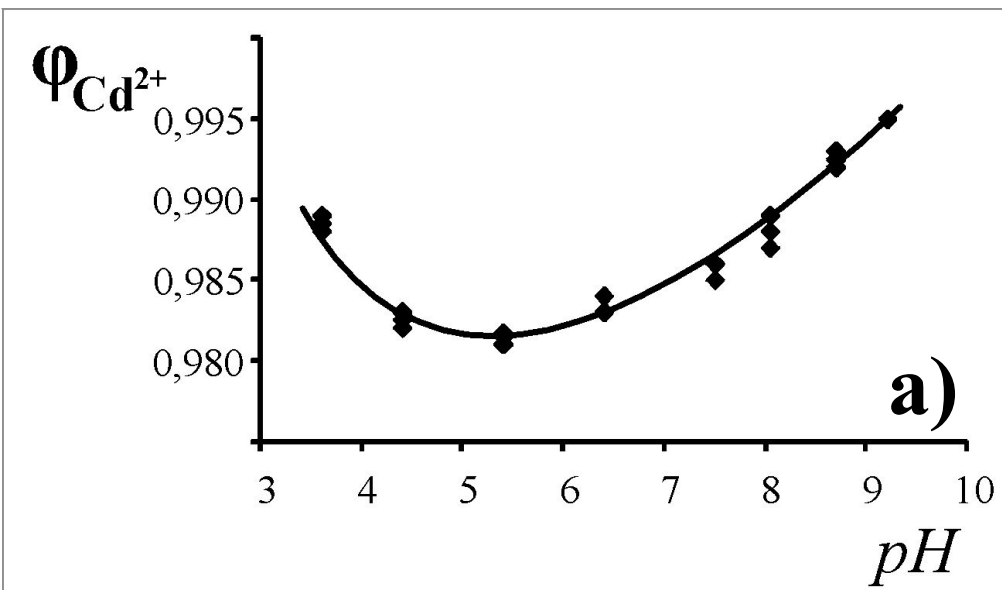


1. Сжатие двойного электрического слоя;
2. Образование ионных двойников $\text{Cd}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CdOH}^+$
3. Специфическое взаимодействие Cd^{2+} с материалом мембраны и другими компонентами раствора

Влияние концентрации коионов на селективность НФ мембран по целевому компоненту

$\Delta P = 3,6$ бар; температура 20°C ;

$\text{pH} = 6,5$

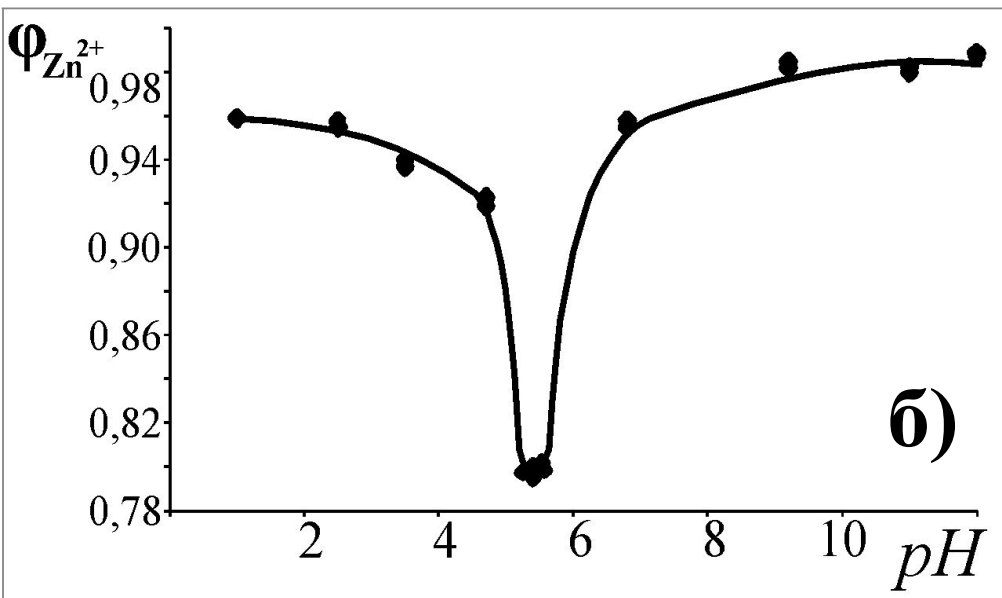


Влияние величины pH на селективность мембран

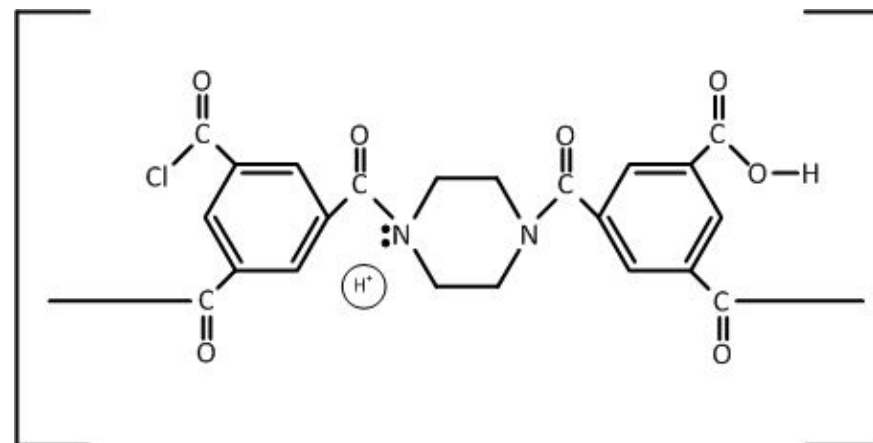
а) ОО

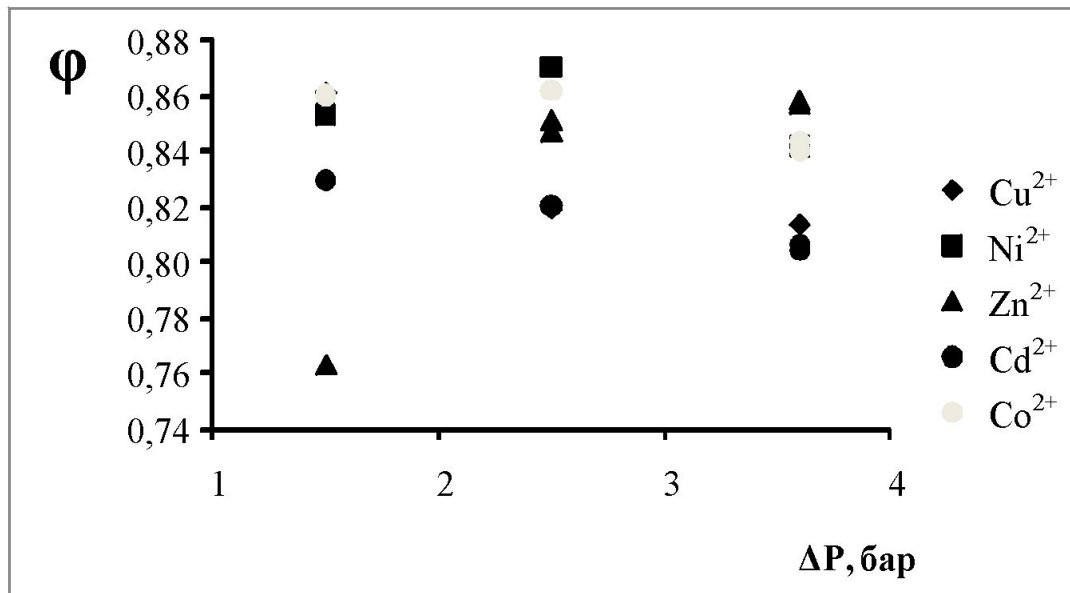
б) НФ

*$\Delta P=3,6$ бар; температура $20^{\circ}C$;
 $pH=6,5$*



Структурное звено полиамида, образованного поликонденсацией пиперазина и тримезоилхлорида





а)

Селективность мембран при разделении многокомпонентных растворов методом НФ

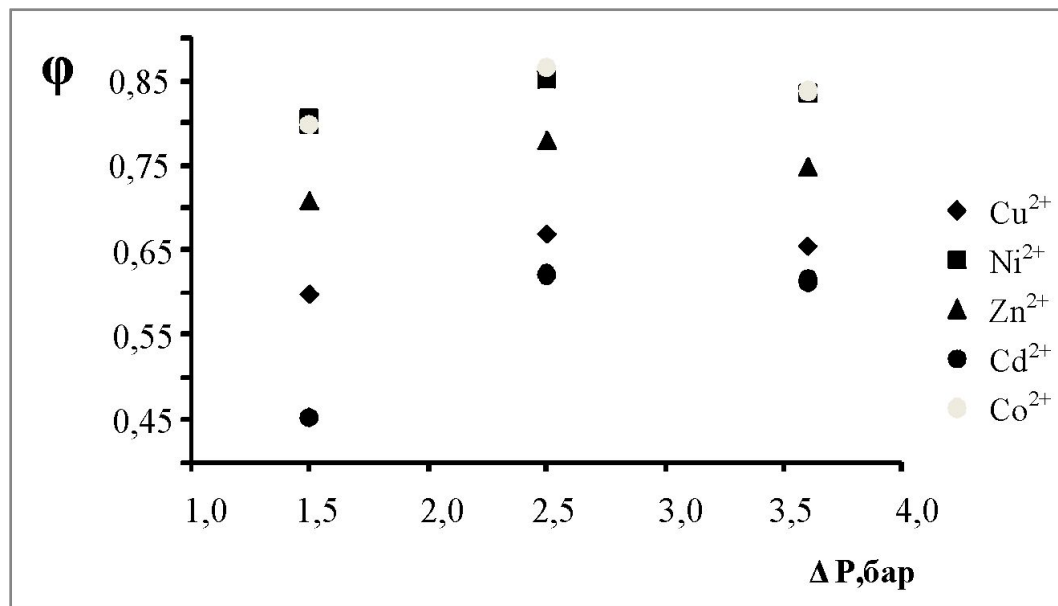
Исходная концентрация каждой соли:

а) – 10 мг/л; б) – 100 мг/л

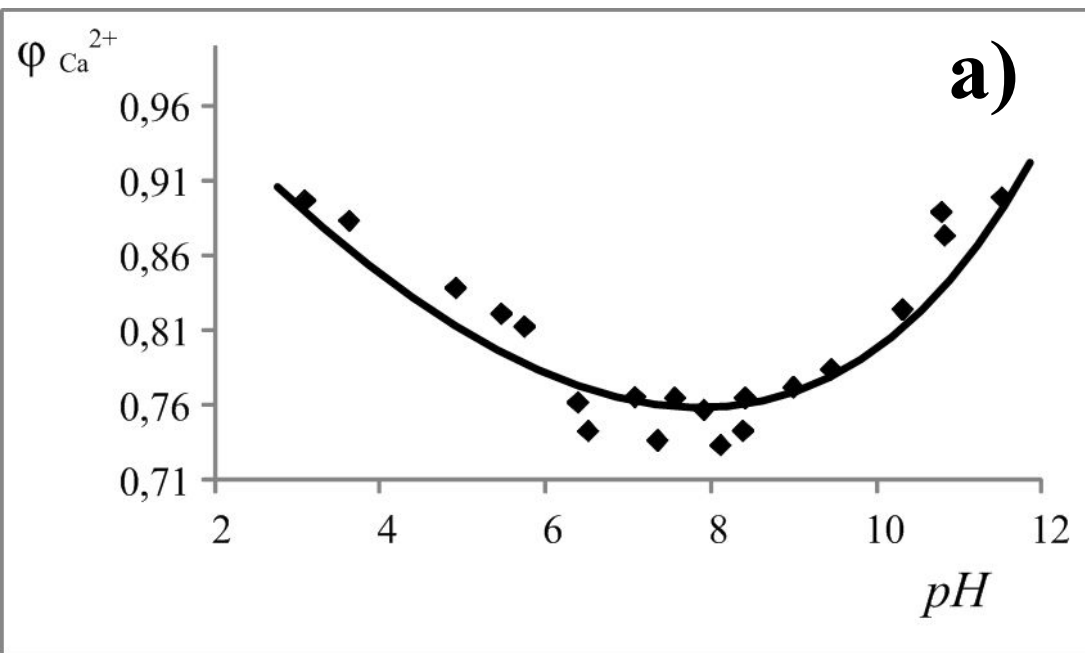
(по катиону)

pH=6,5;

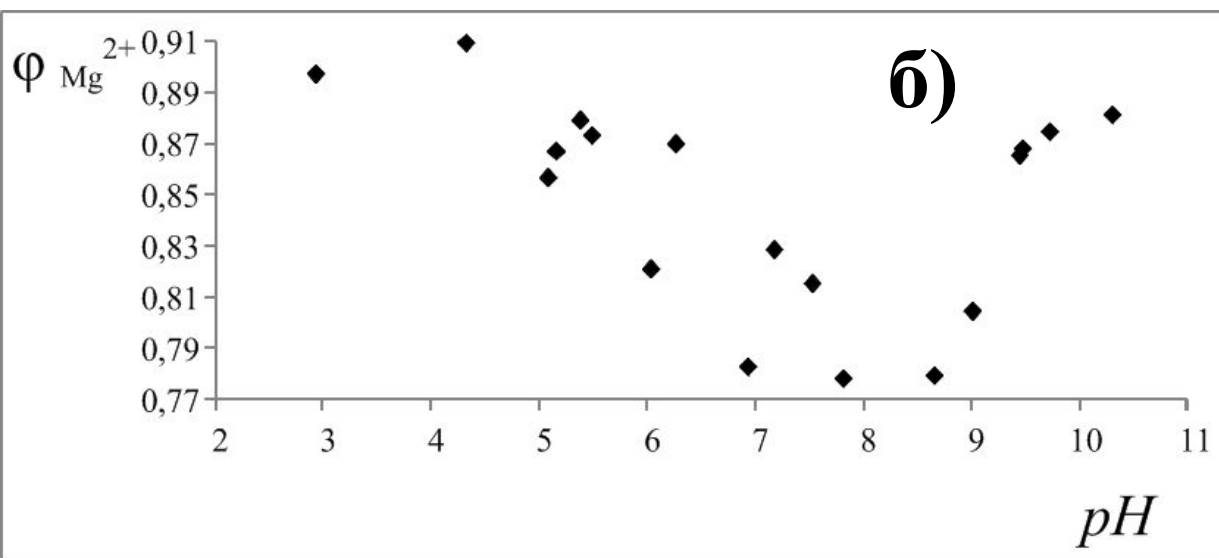
температура 20 °С



б)



Влияние величины рН на селективность НФ мембран
а) целевой компонент - кальций
б) целевой компонент - магний
 $\Delta P=3,6$ бар; температура $20^{\circ}C$;
 $pH=6,5$





Области оптимального применения процесса НФ:

- Подготовка питьевой воды из поверхностных или подземных источников, а также доочистка водопроводной.
- Умягчение воды.
- Альтернатива процессам коагуляции - флокуляции и реагентноусиленной ультрафильтрации в качестве предподготовки воды для обратного осмоса.
- Опреснение солоноватых вод (до 1 г/л по NaCl).
- Предварительное обессоливание соленых вод.
- Решение специфических задач.



Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

Факультет инженерной химии

Кафедра Мембранной Технологии

Благодарю за внимание