

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РАСТВОРОВ НА МЕМБРАНАХ МГА-95 И МГА-100 ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Zn, Cd, Pb)

А. М. Акулинчев, О. А. Абоносимов

*Кафедра «Прикладная геометрия и компьютерная графика»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; geometry@mail.nnn.tstu.ru*

Ключевые слова и фразы: водопроницаемость; коэффициент задержания; мембрана; обратный осмос; разделение; раствор; установка.

Аннотация: Рассмотрена возможность применения обратноосмотического разделения растворов при очистке сточных вод от солей тяжелых металлов. В целях изучения влияния параметров проведения процесса разделения на основные кинетические характеристики проведены экспериментальные исследования водопроницаемости и коэффициента задержания мембран МГА-95 и МГА-100 при очистке сточных вод от солей тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb). Выявлены закономерности изменения коэффициента задержания и водопроницаемости в зависимости от давления и типа мембраны для всех исследуемых растворов. Объяснены зависимости основных кинетических характеристик от параметров проведения процесса разделения.

Современные мембранные установки для промышленной очистки воды от тяжелых металлов и высокомолекулярных органических веществ, в особенности установки обратного осмоса, привлекают внимание специалистов за счет своей универсальности, а также возможности создания на предприятиях системы оборотного водоснабжения.

В целях исследования основных параметров обратноосмотического разделения проведен эксперимент по очистке сточных вод с промышленных объектов г. Тамбова, взятых на ООО РКС «Тамбовводоканал», от тяжелых металлов Zn, Cd, Pb. Для очистки стоков использовали лабораторную обратноосмотическую установку, рабочей частью которой служит плоско-камерная ячейка. Установка работает следующим образом: из исходной емкости через систему вентилей рабочий раствор нагнетается через ресивер в мембранный модуль плунжерным насосом НД100/63. Пройдя рабочую ячейку, дроссели и поплавковые ротаметры, разделяемый раствор возвращается в расходную емкость. Расход раствора задается регулированием рабочего хода плунжерного насоса.

Раствор, прошедший в результате разделения через мембраны, собирается в мерные емкости. Колебания давления и расхода на описанной установке не превышают 5 % от установленного значения.

Эксперименты проводились по следующей методике. Перед началом экспериментальных исследований собирали обратноосмотическую ячейку, при этом предварительно подготовленную мембрану располагали на прокладке (ватмане) активным слоем к разделяемому раствору. Далее производили крепление ячейки к трубопроводам установки. После этого задавали рабочий расход раствора изме-

нением хода плунжера насоса и заполняли систему рабочим раствором. Затем устанавливали подачу воды в систему промывки сальников и охлаждения плунжера насоса, полностью закрывали игольчатые дроссели и включали насос. По мере увеличения избыточного давления в системе открывали перепускной игольчатый вентиль и плавно игольчатые дроссели, пока колебания стрелок манометров не останавливались около заданного значения давления. Одновременно проверяли и наличие утечек раствора в разделительной ячейке (рис. 1).

По данной схеме производили обжатие мембраны, то есть вместо исследуемого раствора использовали дистиллированную воду. В течение часа ячейка находилась под давлением 4 МПа. Затем проводили холостой опыт (с исследуемым раствором) в течение 30 мин. Затем выключали установку и сбрасывали в системе давление игольчатым вентиляем. Собранный раствор из мерных емкостей выливали в исходную емкость. После восьмичасовой выдержки раствор сливали из установки, хорошо перемешивали и заливали в объеме $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Затем в той же последовательности запускали установку, но при этом выводили ее на температурный режим, и проводили контрольный опыт в течение времени, необходимого для сбора пермеата.

Рабочий опыт проводили в течение времени, необходимого для сбора пермеата, при этом время проведения опыта фиксировалось секундомером. После рабочего эксперимента сбрасывали давление в системе, выключали установку. Рабочими элементами ячейки служили мембраны МГА-95, МГА-100 производства ОАО «Полимерсинтез» г. Владимир. Площадь мембран – $F = 0,078 \text{ м}^2$. Эксперимент проводился при давлениях 1...4 МПа. Пермеат и исходный раствор анализировали на наличие в них солей тяжелых металлов Zn, Cd, Pb на полярографе ПУ-1. Значения концентраций металлов в исследуемом растворе представлены в таблице. Экспериментальное значение коэффициента задержания определяли по формуле [1, 2]

$$K = 1 - \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{исх}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{пер}}$, $C_{\text{исх}}$ – концентрации растворенного вещества в пермеате и исходном растворе соответственно, кг/м^3 .

Значение водопроницаемости рассчитывали по следующей зависимости [1 – 3]:

$$G = \frac{V}{F\tau}, \quad (2)$$

где V – объем собранного пермеата, м^3 ; F – площадь поверхности мембраны, м^2 ; τ – время проведения эксперимента, с.

На рисунке 2 представлена зависимость водопроницаемости мембран от давления над мембраной. По представленным в таблицах данным и графикам

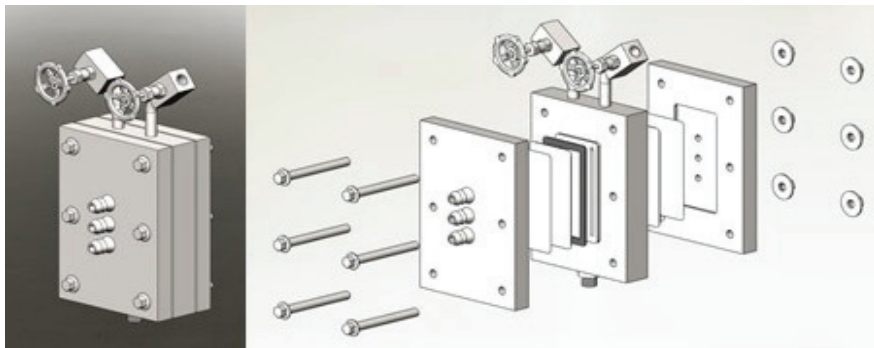


Рис. 1. Устройство обратноосмотической ячейки

Значения концентраций в зависимости от давления над мембраной

Соли тяже- лых метал- лов	$C_{исх}, \text{кг/м}^3$	$C_{пер}, \text{кг/м}^3$ (коэффициент задержания)			
		1 МПа	2 МПа	3 МПа	4 МПа
МГА-95					
Zn	$0,0395 \pm 0,0099$	0,0034 (0,91)	0,0022 (0,94)	0,0021 (0,95)	0,0021 (0,96)
Cd	$0,0042 \pm 0,0010$	0,0009 (0,85)	0,0006 (0,86)	0,0001 (0,98)	0,0001 (0,98)
Pl	$0,00142 \pm 0,0036$	0,0001 (0,93)	0,0001 (0,93)	0,0001 (0,93)	0,0001 (0,93)
МГА-100					
Zn	$0,0395 \pm 0,0099$	0,0037 (0,94)	0,0029 (0,93)	0,0027 (0,93)	0,0023 (0,95)
Cd	$0,0042 \pm 0,0010$	0,0055 (0,87)	0,00051 (0,88)	0,00028 (0,95)	0,00024 (0,94)
Pl	$0,00142 \pm 0,0036$	0,0019 (0,88)	0,00017 (0,88)	0,0001 (0,93)	0,0001 (0,93)

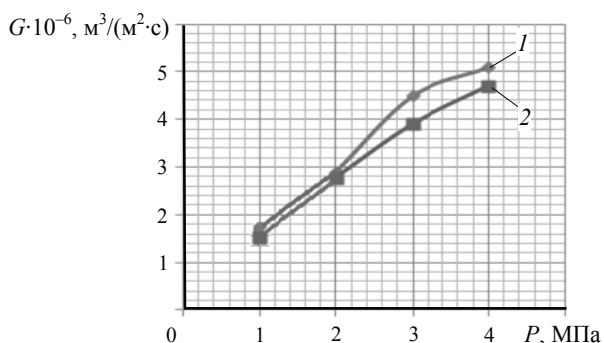


Рис. 2. Зависимость водопрооницаемости от давления над мембраной:
1 – МГА-100; 2 – МГА-95

зависимости видно, что водопрооницаемость растет с увеличением давления над мембраной. Эта зависимость объясняется ростом движущей силы процесса обратноосмотического разделения.

Коэффициент задержания для исследуемых растворов при повышении давления увеличивается незначительно, что характерно для сильноразбавленных растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 1222 от 30.01.2014 «Развитие теоретико-экспериментальных подходов в исследовании структурных свойств и явлений переноса веществ через полупроницаемые мембраны для процессов очистки промышленных растворов и стоков».

Список литературы

1. Дытнерский, Ю. И. Мембранные процессы разделения жидких смесей / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1975. – 252 с.
2. Коэффициенты диффузионной проницаемости кальция сернокислого через мембранные элементы трубчатого типа / С. И. Лазарев [и др.] // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2007. – Т. 50, № 5. – С. 120 – 122.

3. Лазарев, К. С. Исследование кинетических коэффициентов обратноосмотического разделения растворов на мембранах МГА-95, МГА-100, ОПМ-К / К. С. Лазарев, С. В. Ковалев, А. А. Арзамасцев // Вестн. Тамб. гос. техн. университета. – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 726 – 734.

Research into Kinetic Coefficients of Reverse Osmosis Separation of Solutions on the Membranes MGA-95 and MGA-100 in under Wastewater Treatment from Heavy Metals (Zn, Cd, Pl)

A. M. Akulinchev, O. A. Abonosimov

*Department "Applied Geometry and Computer Graphics", TSTU;
geometry@mail.nnn.tstu.ru*

Key words and phrases: apparatus; membrane; rejection coefficient; reverse osmosis; separation process; water penetration capacity.

Abstract: The paper considers the possibility of using reverse osmosis separation solutions in wastewater treatment from heavy metal salts. To study the influence of the parameters of the process of separation of basic kinetic characteristics of experimental studies and permeability coefficient detention membranes MGA-95 MGA-100 during wastewater treatment of salts of heavy metals: Zn, Cd, Pl. The regularities of changes in the coefficient of permeability and retention depending on the pressure and type of membrane for all test solutions have been identified. The dependencies of the main kinetic characteristics on the separation process parameters have been explained.

References

1. Dytnerkii Yu.I. *Membrannye protsessy razdeleniya zhidkikh smesei* (Membrane separation processes are liquid mixtures), Moscow: Khimiya, 1975, 252 p.
 2. Lazarev S.I., Mamontov V.V., Kovalev S.V., Lazarev K.S. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2007, vol. 50, no. 5, pp. 120-122.
 3. Lazarev K.S., Kovalev S.V., Arzamastsev A.A. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no 3, pp. 726-734.
-

Untersuchung der kinetischen Koeffizienten der rückosmotischen Teilung der Lösungen auf den Membranen Mga-95 und Mga-100 bei der Reinigung der Abwässer von den Schwermetallen (Zn, Cd, Pl)

Zusammenfassung: Es ist die Möglichkeit der Anwendung der rückosmotischen Teilung der Lösungen bei der Reinigung der Abwässer von den Salzen der Schwermetalle betrachtet. Zwecks des Erlernens des Einflusses der Parameter der Durchführung des Prozesses der Teilung in den kinetischen Hauptcharakteristiken sind die experimentalen Forschungen der Wasserdurchlässigkeit und des Koeffizienten der Festnahme der Membranen MGA-95 und MGA-100 bei der Reinigung der Abwässer von den Salzen der Schwermetalle durchgeführt: Zn, Cd, Pl. Es sind die Gesetzmäßigkeiten der Veränderung des Koeffizienten der Festnahme und der Wasserdurchlässigkeit je nach dem Druck und dem Typus der Membran für alle untersuchten Lösungen enthüllt. Es sind die Abhängigkeiten der kinetischen Hauptcharakteristiken von den Parameter der Durchführung des Prozesses der Teilung erklärt.

Etude des coefficients cinétiques de la séparation osmotique inverse des solutions sur les membranes Mga-95 et Mga-100 lors du nettoyage des eaux usées des métaux lourds (Zn, Cd, Pl)

Résumé: Est examinée la possibilité de l'application de la séparation osmotique inverse des solutions lors du nettoyage des eaux usées des sels des métaux lourds. Sont effectuées les études expérimentales de la perméabilité à l'eau et du coefficient de la capture des membranes Mga-95 et Mga-100 lors du nettoyage des eaux usées des métaux lourds: Zn, Cd, Pl dans le but de l'examen des caractéristiques cinétiques. Sont déduites les régularités du changement du coefficient de la capture et de la perméabilité à l'eau compte tenue de la pression et du type de la membrane pour toutes les solutions étudiées. Sont expliquées les dépendances des caractéristiques cinétiques des paramètres du processus de la séparation.

Авторы: *Акулинчев Андрей Михайлович* – аспирант кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; *Абоносимов Олег Аркадьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Поликарнов Валерий Михайлович* – доктор химических наук, доцент кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
