

6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1989. 448 с.

7. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. М.: Издат. ин. лит., 1963. 647 с.

8. Определение отношения ионных коэффициентов активности электролитов в расчетах процессов ионообменной обработки воды / Вислогузов А.Н. [и др.] // Сб. научн. тр. СевКавГТУ. Сер. «Физико-химическая», Вып. 6. Ставрополь, 2002. С. 25–28.

**Ткаченко Сергей Владимирович** – к.х.н., доц. кафедры химии, агрохимический факультет, Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж, тел.: (4732)213379

**Науменко Людмила Филипповна** – к.х.н., доцент кафедры химии, агрохимический факультет, Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж.

**Корнеева Раиса Николаевна** – старший научный сотрудник, химический факультет, Воронежский государственный университет, Воронеж

**Бунеева Наталья Михайловна** – старший научный сотрудник, химический факультет, Воронежский государственный университет, Воронеж

**Селеменев Владимир Федорович** – д.х.н., проф., зав. кафедрой аналитической химии, Воронежский государственный университет, Воронеж.

**Tkachenko Sergey V.** – Ph.D., assistant professor, chemistry department, agrochemical faculty, Voronezh State Agrarian University, Voronezh, e-mail: sergey07@box.vsi.ru

**Naumenko Ludmila Ph.** – Ph.D., assistant professor, chemistry department, agrochemical faculty, Voronezh State Agrarian University, Voronezh

**Korneeva Raisa N.** – senior researcher, analytical chemistry department, chemical faculty, Voronezh State University, Voronezh.

**Buneeva Natalya M.** – senior researcher, analytical chemistry department, chemical faculty, Voronezh State University, Voronezh.

**Selemenev Vladimir F.** – D.Sc., professor, head of the analytical chemistry department, chemical faculty, Voronezh State University, Voronezh.

УДК 544

## Транспорт воды при электродиализном концентрировании растворов лизина

Черников М.А., Жеребятьева Г.А., Елисеева Т.В., Селеменев В.Ф.,  
Крисилова Е.В., Майгурова Н.И.

*ГОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж*

Поступила в редакцию 20.04.2010 г.

### Аннотация

Измерен электроосмотический перенос воды при электродиализе растворов лизина с различными исходными концентрациями в электромембранных системах с катионообменными мембранами МК-40, МФ-4СК и биполярной мембраной Fumasep FBM. Найдены зависимости электроосмотической проницаемости катионообменных мембран от плотности тока и концентрации исходного раствора.

**Ключевые слова:** катионообменная мембрана, аминокислота, электроосмотический перенос воды, электродиализ

Electroosmotic water transport during the electrodialysis of lysine solutions with different concentrations was measured in an electromembrane systems with cation-exchange membranes MK-40 and MF-4SK as well as with bipolar membranes Fumasep FBM. Dependences of electroosmotic permeability of cation-exchange membranes on current density and initial solution concentration are obtained.

**Keywords:** cation-exchange membrane, amino acid, electroosmotic water transport, electrodialysis

---

## Введение

Электромембранные методы позволяют решать широкий круг задач, таких как очистка, деминерализация, разделение различных веществ, а также концентрирование растворов [1,2]. Электроосмотический транспорт растворителя является нежелательным фактором при электродиализном концентрировании, так как снижает его эффективность [3,4]. Изучение электроосмотического переноса растворителя – актуальная научная и практическая задача, так как исследования в этой области способствуют уточнению механизма электромассопереноса в системе, а также дают возможность прогнозировать количественные характеристики концентрирования.

Цель работы: выявление зависимости электроосмотической проницаемости катионообменных мембран в растворах основных аминокислот от плотности электрического тока и концентрации исходного раствора.

## Эксперимент

Измерения электроосмотического транспорта воды проводились в четырёхкамерной ячейке, электродные секции которой были отделены от смежных секций биполярными мембранами Fumasep FBM. Между анодной секцией и секцией деионизации установлена биполярная мембрана анионообменной стороной к аноду. Секции деионизации и концентрирования, разделены исследуемой катионообменной мембраной, а между секцией концентрирования и катодной секцией установлена биполярная мембрана катионообменной стороной к катоду. Ячейка для измерения электроосмотического потока была включена в цепь постоянного тока, измерения проводились в гальваностатическом режиме. Скорость подачи аминокислоты контролировалась объёмным методом и составляла 6 мл/мин. Объём жидкости, перенесённой через исследуемую мембрану, регистрировался по повышению уровня в измерительном капилляре, герметично соединённом с непроточной камерой концентрирования. Измерение завершалось после регистрации стабильного роста уровня жидкости в капилляре, т.е., когда объём в капилляре увеличивался на одно и то же значение за одно и то же время, последовательно, на протяжении нескольких измерений.

## Обсуждение результатов

На рис. 1 представлена зависимость электроосмотической проницаемости мембраны МК-40 от плотности тока при разных исходных концентрациях гидрохлорида лизина.

С ростом плотности тока, особенно в разбавленных растворах, наблюдается снижение электроосмотической проницаемости. Подобная зависимость описана в

работе [5]. С увеличением концентрации исходного раствора электроосмотическая проницаемость уменьшается.

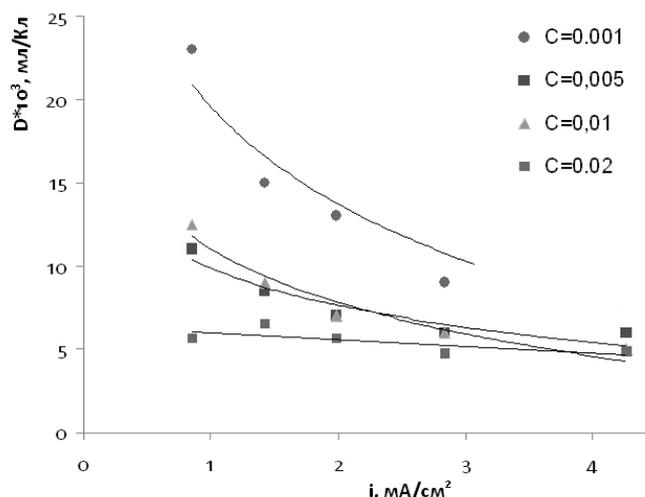


Рис. 1 Зависимость электроосмотической проницаемости мембраны МК-40 от плотности тока при разных исходных концентрациях гидрохлорида лизина

На рис. 2 представлена зависимость электроосмотической проницаемости мембран МК-40 и МФ-4СК от плотности тока при концентрации растворов лизина 0.01M и 0.001M.

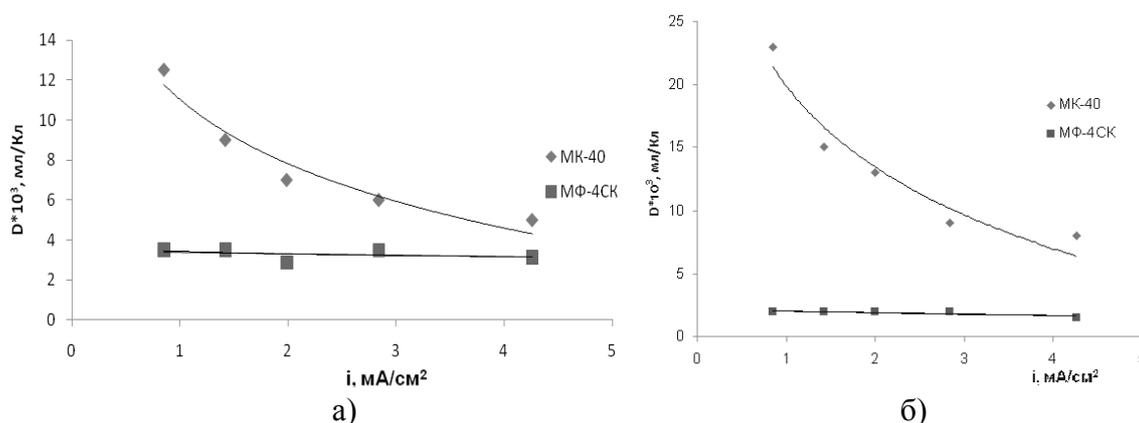


Рис. 2. Зависимость электроосмотической проницаемости мембран МК-40 и МФ-4СК от плотности тока при исходной концентрации растворов лизина а) 0.01M и б) 0.001M

Из рисунка 2 видно, что для мембраны МК-40 характерно уменьшение электроосмотической проницаемости с увеличением плотности тока, в то время как для мембраны МФ-4СК значение электроосмотической проницаемости с увеличением плотности тока практически не изменяется. При этом во всем диапазоне токов и концентраций электроосмотическая проницаемость мембраны МК-40 выше, чем МФ-4СК. Различия транспорта воды в исследуемых мембранах обусловлено различием их структуры и физико-химических свойств. Размеры транспортных каналов в мембране МК-40 варьируются в пределах от 1.5 до 100 нм, имеются также межгелевые промежутки радиусом до 1000 нм, а размер каналов мембраны МФ-4СК составляет 3.5 – 4.0 нм [6]. Поэтому можно заключить, что транспорт воды через мембрану МФ-4СК преимущественно будет осуществляться в первичных гидратных оболочках мигрирующих ионов, а в мембране МК-40 помимо

такого механизма, возможен транспорт молекул воды посредством конвективного механизма. С ростом плотности тока увеличивается подвижность ионов аминокислоты, что приводит к разрушению гидратных оболочек дальнего порядка и снижению электроосмотической проницаемости мембраны МК-40, а для мембраны МФ-4СК эта величина остаётся постоянной, так как относительно малый размер пор МФ-4СК не позволяет осуществлять транспорт воды в составе гидратных оболочек, диаметр которых больше диаметра канала мембраны.

### Заключение

1. При исследовании электроосмотического переноса воды при электродиализном концентрировании лизина установлено, что с увеличением плотности тока и концентрации исходного раствора электроосмотическая проницаемость мембраны МК-40 снижается.

2. Электроосмотическая проницаемость МФ-4СК не зависит от тока, для мембраны МК-40 характерно снижение значений электроосмотической проницаемости с увеличением плотности тока. При сравнении транспорта воды в мембранах МК-40 и МФ-4СК в растворах лизина отмечено, что во всем диапазоне токов электроосмотическая проницаемость мембраны МК-40 выше, чем МФ-4СК.

### Список литературы

1. Заболоцкий В.И., Березина Н.П., Никоненко В.В. и др. Развитие электродиализа в России // Мембраны. 1999. №4. С. 6-25.
2. Strathmann H. Ion-exchange membrane separation processes // Membrane Science and Technology Series 9. – Amsterdam, London, N.-Y.: Elsevier, 2004. 348 p.
3. Заболоцкий В.И., Шудренко А.А., Гнусин Н.П. Транспортные характеристики ионообменных мембран при электродиализном концентрировании электролитов // Электрохимия. 1988. Т. 24, № 6. С. 744–750.
4. Гнусин Н.П., Демина О.А., Березина Н.П. Транспорт воды в ионообменных мембранах во внешнем электрическом поле // Электрохимия. 1987. Т. 23, № 9. С. 1247–1249.
5. Lakshminarayanaiah N. Transport phenomena in membranes. London: Acad. Press. 1969. p. 242-274.
6. Березина Н.П., Кононенко Н.А., Вольфович Ю.М. Гидрофильные свойства гетерогенных ионитовых мембран // Электрохимия. 1994. Т.30, №3. С. 366-373.

---

**Черников Михаил Алексеевич** – студент кафедры аналитической химии ВГУ, Воронеж, тел.: (4732) 208-932

**Жеребятъева Галина Александровна** – студент кафедры аналитической химии ВГУ, Воронеж

**Елисева Татьяна Викторовна** – к.х.н., доцент кафедры аналитической химии ВГУ, Воронеж, тел.: (4732) 208-932

**Chernikov Michail A.** – student, Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh, e-mail: [mischa.vsu@gmail.com](mailto:mischa.vsu@gmail.com)

**Zherebyat'eva Galina A.** – student, Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh

**Eliseeva Tatyana V.** – Ph. D., lecturer, Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh, e-mail: [tatyanaeliseeva@yandex.ru](mailto:tatyanaeliseeva@yandex.ru)

**Селеменов Владимир Федорович** – д.х.н., проф., заведующий кафедрой аналитической химии ВГУ, Воронеж

**Крисилова Елена Викторовна** – инж. кафедры аналитической химии ВГУ, Воронеж

**Майгурова Нина Ивановна** – студент кафедры аналитической химии ВГУ, Воронеж

**Selemenev Vladimir F.** – doctor of Chemistry, professor, head of Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh

**Krisilova Elena V.** – engineer, Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh

**Maygurova Nina I.** – student, Department of Analytical Chemistry, Voronezh State University, Voronezh

УДК 541.183

## Применение теории поверхностных комплексов для описания сорбции аминокислот ионообменниками

Хохлов В.Ю., Нефедова Т.Н., Селеменов В.Ф., Лы Тхи Иен

*ГОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж*

Поступила 15.09.2010 г.

### Аннотация

Рассмотрена возможность применения теории образования поверхностных комплексов для описания сорбции тирозина и триптофана в динамических условиях высокоосновным анионообменником АВ-17-2П. Показано, что в случае поглощения сложных органических молекул необходимо учитывать сорбат-сорбатные взаимодействия этих молекул друг с другом.

**Ключевые слова:** теория поверхностных комплексов, сорбция, аминокислоты

The possibility of application of the surface complex formation theory for the description of sorption of tryptophane and tyrosine in dynamic conditions by the high basic anion exchanger AV-17-2P is considered. It is shown that, the intermolecular interactions must be taken into account in case of the absorption of complicated organic molecules.

**Keywords:** surface complex formation theory, sorption, amino acids

### Введение

Поглощение аминокислот ионообменниками является сложным процессом, который может протекать как по ионообменному механизму, так и с помощью специфических взаимодействий (диполь-дипольные, гидрофобные взаимодействия и образование Н-связей) [1].

Для описания сорбции веществ ионообменниками и интерпретации экспериментальных данных применяется множество моделей, основанных на законе действующих масс. В настоящее время широкое распространение получила модель образования поверхностных комплексов (теория ОПК или SCT (анг.) [2,3]. Основные положения этой теории предполагают, что каждый поглощенный компонент локализуется вблизи поверхности сорбента в виде поверхностного комплекса на индивидуальном слое Штерна [4,5]. Однако, следует отметить, что данная модель ранее использовалась только для систем минеральный компонент - ионообменник, поэтому представляется интересным рассмотреть адекватность применения теории ОПК для объяснения поглощения сложных по строению аминокислот высокоосновными анионообменниками.