

## ВЛИЯНИЕ КАТИОНОАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*В статье исследовано влияние катионоактивных препаратов на электрокинетические свойства текстильного материала. Рассмотрены существующие методы определения электрокинетического потенциала. Доказано, что структурные характеристики ткани не оказывают влияния на эффективность действия катионных полимеров.*

*Ключевые слова: катионоактивные полимеры, хлопчатобумажный текстильный материал.*

V.V. DANCHENKO, D.G. SARIBEKOVA

Kherson national technical university

### INFLUENCE OF CATIONIC POLYMERS ON ELECTRO-KINETIC PROPERTIES OF A COTTON TEXTILE MATERIALS WITH DIFFERENT SPECIFICATIONS

*In article influence of cationic polymers on electro-kinetic properties of cotton textile materials with different specification is investigated. The existing methods for determining elektrokinetic potential are considered. It is established, that preliminary processing of textile material by solutions of cationic preparations leads to change of a negative charge of a fiber on the positive. It is proved that the fabric specifications do not affect the effectiveness of the cationic polymers. The authors suggest that the effectiveness of cationic preparations is determined by the density of their charge. The data obtained can be used to intensify the processes of textile finishing.*

*Keywords: cationic polyelectrolytes, cotton textile.*

#### Постановка проблемы

Известно [1], что волокнистые материалы обладают очень развитой удельной поверхностью, составляющей в набухшем состоянии миллионы квадратных миллиметров на 1 г волокна. Поверхность хлопчатобумажного текстильного материала, на которой происходит адсорбция отделочного препарата, при соприкосновении с водной фазой приобретает отрицательный заряд. В основе этого явления лежит образование двойного электрического слоя (ДЭС) за счёт первичной адсорбции ионов на границе раздела фаз [2, 3].

Для целлюлозного волокна образование ДЭС связано с поверхностной ассоциацией активных групп -COOH, -OH, которые, как правило, образуют сложные потенциалообразующие ионы. Они прочно связаны со скелетом твёрдой фазы и остаются в ней, образуя отрицательно заряженную внутреннюю обкладку ДЭС.

Катионы, например  $H^+$  и  $K^+$ , переходят в раствор, но при этом удерживаются кулоновскими силами у поверхности, образуя внешнюю обкладку. Другая часть противоионов, вследствие теплового движения (диффузии), подвижно распределена в растворе вблизи поверхности иногда на расстоянии до 10 000 Å, образуя диффузную часть ДЭС, так как заряды фаз всегда равны по величине и противоположны по знаку.

Во всех случаях ионы внутренней обкладки неотделимы от твёрдой фазы, в то время как ионы внешней обкладки (противоионы) могут легко обмениваться на другие ионы раствора того же знака в эквивалентных и сверхэквивалентных количествах (при перезарядке поверхности волокна). Следовательно, после образования ДЭС (почти мгновенный процесс) дальнейшее взаимодействие волокнистого материала с веществами (электролитами, красителями, ПАВ), находящимися в растворе, представляет собой вторичную адсорбцию или ионообмен, приводящий к изменениям в ДЭС.

Таким образом, на поверхности волокна образуется электрический потенциал, полная разность которого между поверхностью раздела фаз является недоступной величиной для физических измерений, так как волокнистые материалы являются диэлектриками. Полный фазовый потенциал характеризует электрохимические свойства поверхности и протекающие на ней процессы [4]. Он значительно отличается от другого, так называемого электрокинетического или  $\zeta$  (дзета)-потенциала. Электрокинетические явления (электрофорез, электроосмос, потенциал протекания, потенциал оседания) связаны с диффузной частью ДЭС, они определяются той частью межфазной разности потенциалов, которая приходится на диффузный слой.

Наличие определённой величины  $\zeta$ -потенциала любого волокна свидетельствует о некомпенсированности полного фазового потенциала, т.е. о некомпенсированности силового электрического поля на границе раздела фаз. Следовательно,  $\zeta$ -потенциал волокна, изменение которого во многом сходно с изменением полного фазового потенциала, однозначно характеризует поверхностные электрохимические свойства волокон и может оказывать значительное влияние на адсорбционные процессы при отделке текстильного материала.

Анализ научно-технической информации показал [5-8], что изменить электрокинетический потенциал целлюлозного волокна возможно путём применения катионоактивных полимеров (КАП). Особенного внимания при этом заслуживают водорастворимые КАП.

**Анализ последних исследований и публикаций**

Первые работы по изучению электрокинетического потенциала, главным образом, целлюлозных волокон были проведены Ф.И. Садовым, Л.И. Беленьким и Б.Н. Мельниковым [5]. В последние годы интенсивно ведутся исследования, направленные на изучение влияния электрокинетических свойств волокнистых материалов на процессы отделки [4, 6-8]. Однако нельзя утверждать, что исследования в этой области уже исчерпаны.

**Формулировка целей исследования**

Цель работы заключалась в исследовании влияния катионоактивных полимеров на электрокинетические свойства хлопчатобумажного текстильного материала в зависимости от его структурных характеристик.

**Изложение основного материала**

Применительно к задачам исследования волокнистых материалов существуют три метода измерения  $\zeta$ -потенциала: метод электроосмоса, метод тока течения и метод потенциала протекания [9].

Суть метода электроосмоса заключается в измерении объёма жидкости, перенесённого через диафрагму в единицу времени при постоянном токе. Однако данный метод имеет свои недостатки:

1. При наложении внешнего электрического поля существует опасность нагревания диафрагмы;
2. Величина  $\zeta$ -потенциала, определённая данным методом, существенным образом зависит от структурных свойств и особенностей капиллярной системы (гетеропористости, радиуса пор).

Поэтому для исследования электрокинетических свойств волокнистых материалов чаще применяют либо метод тока течения, либо потенциала протекания.

Метод тока течения является предпочтительным тогда, когда возможно измерить поверхностную проводимость для капиллярных систем. Но измерение тока течения ограничено рядом условий. Непосредственно измерить его величину во многих случаях затруднительно, поскольку поляризация электродов может изменять эффективное сопротивление измерительной цепи, которое в методе тока течения должно быть намного меньше, чем сопротивление диафрагмы. В том случае, когда сопротивление диафрагмы меньше  $10^5$  Ом, предпочитают применять менее трудоёмкий метод определения  $\zeta$ -потенциала – метод потенциала протекания.

Метод потенциала протекания является наиболее распространённым методом определения  $\zeta$ -потенциала. Для измерения потенциала используют различные установки в зависимости от объекта исследования [10].

Определение электрокинетического потенциала методом потенциала протекания обладает рядом преимуществ. Кроме того, что величина  $\zeta$ -потенциала определяется по потенциалу протекания и в меньшей степени зависит от структурных свойств исследуемой капиллярной системы, при использовании потенциала протекания нет опасности возникновения нагревания, связанного с наложением электрического поля.

В данной работе определение  $\zeta$ -потенциала хлопчатобумажного волокна проводили методом потенциала протекания.

Первоначально измеряли разность потенциалов между электродами без давления  $\pi_0$ , т.е. потенциал асимметрии, который входит составной частью в измеренную величину разности потенциалов в растворе и, в зависимости от знака, может увеличить или уменьшить ее. Затем измеряли разность потенциалов  $\pi_i$  при различных давлениях.

Величина разности потенциалов, измеренная после прекращения протекания или после достижения равновесия, обычно значительно отличается от потенциала асимметрии, поэтому авторы [11] вводят понятие аддитивного потенциала. Причиной появления аддитивного потенциала являются процессы, происходящие при пропускании раствора через ячейку (фильтрационный эффект, адсорбционные явления на электродах и др.).

Потенциал протекания  $E$  определяется как разность  $\pi_i - \pi_0$ .

Поскольку практически невозможно определить коэффициент вязкости  $\eta$  и диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  в пределах ДЭС, при работе с водными растворами используются соответствующие значения для дистиллированной воды, а именно  $\eta=0,01$  П и  $\epsilon=81$ , и формула для вычисления  $\zeta$ -потенциала при  $20^\circ\text{C}$  принимает следующий вид:

$$\zeta = 1,05 \cdot 10^5 \chi_0 \frac{E}{P}. \quad (1)$$

Таким образом, для вычисления электрокинетического потенциала необходимо экспериментально определить потенциал протекания ( $E$ ), давление ( $P$ ), при котором раствор протекает через ячейку, и удельную электропроводность диафрагмы ( $\chi_0$ ).

Исследования проводили на гладкокрашенных хлопчатобумажных тканях с различными техническими характеристиками (табл. 1): арт. 5014 производства АОЗТ «Черкасский шелковый комбинат», арт. 0-104, арт. 0-166 производства ВО «ТК – Донбасс».

Для катионизации текстильного материала использовали катионоактивные полимеры КАП.1, КАП.2, КАП.3 и КАП.4., которые отличаются между собой плотностью заряда и химическим строением (табл. 2).

Таблица 1

**Технические характеристики используемых текстильных материалов**

Показатели	арт. 5014	арт. 0-104	арт. 0-166
Ширина ткани с кромками, см	150	90	150
Поверхностная плотность ткани (масса), г/м <sup>2</sup>	232	285	230
Плотность, количество ниток на 10 см:	основа	397	412
	уток	227	176
Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50 x 100 мм, Н, не меньше:	основа	911	637
	уток	412	392
Содержание волокна, %	100% хлопок		
Переплетение	саржа 3/1	саржа 2/2	саржа 2/2

Таблица 2

**Характеристика применяемых катионных полимеров**

Наименование	Химический состав	Плотность заряда, мг·эquiv/г	pH
КАП.1	Четвертичный полиамин – полимер на основе эпихлоргидрина и диметиламина	4,8	7
КАП.2	Высокомолекулярный сильноосновный катионный полимер, синтезируемый путем радикальной полимеризации мономера диметилдиаллиламмоний хлорида	7,2	8
КАП.3	Продукт поликонденсации алифатического диамина и эпихлоргидрина	9,5	8
КАП.4	Композиционный состав на основе полидиметилдиаллиламмоний хлорида и полиакриламида	4,2	7

Данные вещества неограниченно растворимы в воде, малотоксичные, не горючи, не взрывоопасны, не летучи, не имеют запаха.

Концентрация препаратов варьировалась от 4 до 20 г/л. Обработку текстильного материала осуществляли по следующей технологии: пропитка раствором катионоактивного полимера на двухвальной плюсовке с двойным погружением и двойным отжимом до остаточной влажности 80%; сушка ткани при температуре 90°C в течение 5 минут.

В таблице 3 представлено влияние препаратов КАП.1, КАП.2, КАП.3 и КАП.4 на ζ-потенциал катионизированного хлопчатобумажного волокна.

Таблица 3

**Влияние катионоактивных препаратов на ζ-потенциал хлопчатобумажного волокна**

Наименование препарата	Концентрация, г/л	ζ, мВ		
		арт. 5014	арт. 0-104	арт. 0-166
–	–	-27,3	-27,3	-25,2
КАП.1	20	10,5	12,6	10,5
КАП.2	7	6,3	4,2	2,1
КАП.3	4	8,4	8,4	10,5
КАП.4	20	4,2	4,2	4,2

Согласно полученным данным установлено, что ζ-потенциал необработанного волокна составляет -27,3 мВ для арт. 5014, арт. 0-104 и -25,2 мВ для арт. 0-166. При обработке текстильного материала катионоактивным препаратом КАП.1 концентрацией 20 г/л электрокинетический потенциал волокна возрастает до значений 10,5 мВ (арт. 5014, арт. 0-166) и 12,6 мВ (арт. 0-104). Катионоактивный препарат КАП.2 (7 г/л) перезаряжает волокно до 6,3 мВ, 4,2 мВ и 2,1 мВ для арт.5014, арт. 0-104 и арт. 0-166 соответственно. Наиболее эффективным является препарат КАП.3, который вызывает перезарядку волокна при концентрации 4 г/л до значений, сопоставимых с полученными для текстильного материала, обработанного препаратом КАП.1 (20 г/л). Препарат КАП.4 при концентрации 20 г/л способствует повышению электрокинетического потенциала до 4,2 мВ.

В результате проведенных исследований установлено, что структурные характеристики хлопчатобумажного текстильного материала не оказывают существенного влияния на эффективность действия катионных полимеров. Кроме того, можно предположить, что эффективность катионных препаратов определяется величиной плотности их заряда. Так, препарат КАП.3 с плотностью заряда 9,5 мг·эquiv/г перезаряжает волокна до 10,5 мВ при концентрации 4 г/л, а препарат КАП.1 с плотностью заряда 4,8

мг-экв/г вызывает перезарядку волокна до аналогичных значений при 20 г/л. Препараты КАП.2 и КАП.4 с плотностью заряда 7,2 и 4,2 мг-экв/г соответственно вызывают перезарядку волокна до близких значений электрокинетического потенциала при концентрациях 7 г/л (КАП.2) и 20 г/л (КАП.4).

#### Выводы

Подводя итог проведенной работы, можно утверждать, что структурные характеристики хлопчатобумажных тканей не влияют на эффективность действия катионных препаратов, используемых в работе. На основании проведенных экспериментальных исследований влияния катионных полимеров на  $\zeta$ -потенциал хлопчатобумажного волокна установлено, что предварительная обработка текстильного материала катионоактивными препаратами КАП.1, КАП.2, КАП.3 и КАП.4 способствует изменению отрицательного заряда волокна на положительный. Таким образом, обработка катионоактивными полимерами является перспективным способом интенсификации процессов отделки текстильных материалов.

#### Литература

1. Сафонов В.В. Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства: Учебное пособие / В.В. Сафонов – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 405 с.
2. Салем Р.Р. Теория двойного слоя / Р.Р. Салем. – М.: Физматлит, 2003. – 104 с.
3. Михайловский В.Н. О влиянии двойного электрического слоя цилиндрической поверхности на кинетику поглощения ионов одноименно заряженных с поверхностью / В.Н. Михайловский, С.С. Духин, Ю.М. Глазман // Коллоидный журнал. – 1974. – №3. – С. 579-582.
4. Фролова М.А. Критерий оценки энергетических свойств поверхности / М.А. Фролова, А.С. Тутьгин, А.М. Айзенштадт // Наносистемы: физика, химия, математика. – 2011. – №2 (4). – С. 120-125.
5. Мельников Б.Н. Физико-химические основы процессов отделочного производства / Б.Н. Мельников, Т.Д. Захарова, М.Н. Кириллова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280 с.
6. Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности: сборник материалов Международной научно-технической конференции (ПРОГРЕСС – 2010). Ч. 1 / Ивановская государственная текстильная академия. – Иваново: Ивановская государственная текстильная академия, 2010. – С. 85-86.
7. Martin A.H. Sensing the electrokinetic potential of cellulosic fiber surfaces / A.H. Martin // Bio Resources. – 2006. – № 1 (1). – P. 116-149.
8. Bellmann C. Electrokinetic properties of natural fibres / C. Bellmann, A. Caspari, T.T. Loan Doan, E. Mader // International Electrokinetics Conference, Pittsburgh. – 2004. – № 1. – P. 1-14.
9. Луцык Р.В. Тепломассообмен при обработке текстильных материалов / Р.В. Луцык, Э.С. Малкин, И.И. Абаржи. – К.: Наук. думка, 1993. – 344 с.
10. Григоров О.Н. Электрокинетические явления / О.Н. Григоров. – Л.: Изд. ЛГУ им. А.А. Жданова, 1973. – 196 с.
11. Электрокинетические свойства капиллярных систем. Монографический сборник экспериментальных исследований под редакцией О.Н. Григорова и др. – М.: Изд. АН СССР, 1956. – 338 с.

#### References

1. Safonov V.V. Intensifikacija himiko-tekstil'nyh processov otdelocnogo proizvodstva: Uchebnoe posobie. Moscow, MG TU im. A.N. Kosygina, 2006, 405 p.
2. Salem R.R. Teorija dvojnogo sloja. Moscow, Fizmatlit, 2003, 104 p.
3. Mihajlovskij V.N., Duhin S.S., Glazman Yu.M. O vlijanii dvojnogo jelektricheskogo sloja cilindricheskoj poverhnosti na kinetiku pogloshhenija ionov odnoimennno zarjazhennyh poverhnost'ju, *Kolloidnyj zhurnal*, 1974, No. 3, pp. 579-582.
4. Frolova M.A., Tutygin A.S., Ajzenshtadt A.M. Kriterij ocenki jenergeticheskikh svojstv poverhnosti, *Nanosistemy: fizika, himija, matematika*, 2011, No. 2 (4), pp. 120-125.
5. Mel'nikov B.N., Zaharova T.D., Kirillova M.N. Fiziko-himicheskie osnovy processov otdelocnogo proizvodstva. Moscow, Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1982, 280 p.
6. *Sovremennye naukoemkie tehnologii i perspektivnye materialy tekstil'noj i legkoj promyshlennosti: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii (PROGRESS – 2010), Ivanovskaja gosudarstvennaja tekstil'naja akademija* Vol. 1, Ivanovo, Ivanovskaja gosudarstvennaja tekstil'naja akademija, 2010, pp. 85-86.
7. Martin A.H. Sensing the electrokinetic potential of cellulosic fiber surfaces, *Bio Resources*, 2006, No. 1 (1), pp. 116-149.
8. Bellman C., Caspari A., Loan Doan T.T., Marder E. Electrokinetic properties of natural fibres, International Electrokinetics Conference, Pittsburgh, 2004, No. 1, pp. 1-14.
9. Lucyk R.V., Malkin E'.S., Abarzhi I.I. Teplomassoobmen pri obrabotke tekstil'nyh materialov. Kiev, Naukova dumka, 1993, 334 p.
10. Grigorov O.N. Jelektrokineticheskie javlenija. Leningrad, Izdatel'stvo LGU im. A.A. Zhdanova, 1973, 196 p.
11. Jelektrokineticheskie svojstva kapilljarnyh system: monograficheskij sbornik jeksperimental'nyh issledovanij. Ed. by Grigorov O.N., Moscow, Izdatel'stvo AN SSSR, 1956, 338 p.

Рецензія/Peer review : 11.6.2014 р.

Надрукована/Printed : 16.7.2014 р.

Рецензент: д.т.н., професор Прохорова І.А. (зав. каф. експертизи, технології і дизайну текстилю ХНТУ)