

УДК 532.6

## **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМЕШАННЫХ РАСТВОРОВ ПАВ В ПЕРХЛОРЭТИЛЕНЕ НА МОЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И СМАЧИВАНИЕ**

**Куклева К.К., Кибалов М.С., Агеев А. А.**

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», г. Москва, 141221, Россия, Московская область, Пушкинский район, пос. Черкизово, ул. Главная, д.99.

В статье проводится сравнение между результатами определения смачивающей способности текстильных материалов и моющей способности смешанных растворов ПАВ. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения. В работе были исследованы два класса ПАВ: (анионоактивное и неионогенное ПАВ). Для определения краевых углов смачивания текстильных материалов был разработан метод измерения высоты поднятия жидкости по вертикальному образцу ткани. Установлено, что в смешанных растворах ПАВ наблюдается корреляция между величинами смачивающей и моющей способности независимо от природы входящих в его состав компонентов. Для моющей и для смачивающей способности смешанных растворов характерны синергетные эффекты, когда величина свойства в смешанном растворе значительно превышает таковую в каждом из бинарных. Предложено использовать величину максимального поднятия раствора по вертикальному образцу ткани для оценки моющей способности композиций моющих средств. Предложена гипотеза, что именно адсорбция ПАВ служит лимитирующей стадией моющего действия.

Ключевые слова: моющее действие, смачивание, адсорбция.

## **INFLUENCE OF A COMPOSITION OF MIXED SOLUTIONS OF PEAHENS IN THE WATER AT THE WASHING ABILITI AND WETTING**

**Kukleva K.K., Kibale M.S., Ageev A.A.**

Russian State University for Tourism and Service, Moscow 141 221, Russia, Moscow, Pushkin district, settlement. Cherkizovostreet. Home, d.99.

In the article the comparison between a method of definition of capillary characteristics of textile materials and a method of definition of washing ability of binary solutions of PEAHENS is presented. Surface active agents (surfactants) - chemical compounds that are concentrated at the interface, cause a decrease in surface tension. We have studied two classes of surfactants (anionic and nonionic surfactants). For textile materials the most popular using method is the indirect method of an estimation of wetting by means of height of a rising of a liquid on the vertical sample of a fabric. For washing and wetting ability of mixed solutions are characterized sinergetnye effects, when the value of properties in a mixed solution significantly exceeds that in each of the binary. It is established that moistening and washing ability are correlated among themselves, and wettability can serve as criterion of an estimation of washing ability. A hypothesis that it was of surfactant adsorption is the limiting stage of the washing steps.

Keywords: washing action, wetting, adsorption.

Для определения краевых углов смачивания текстильных материалов нами разработан метод измерения высоты поднятия жидкости по вертикальному образцу ткани, которая прямо пропорциональна величине косинуса угла смачивания согласно уравнению Жюрена:

$$l_{\max} = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r} . \quad (1)$$

Движение жидкости с кинематической вязкостью  $\eta$  по капилляру круглого сечения радиуса  $r$  под влиянием перепада давления  $\Delta P$  описывается уравнением Пуазейля, в случае горизонтального расположения капилляров, наиболее часто называемое уравнением Гагена – Пуазейля:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2 \Delta P}{8\eta l} , \quad (2)$$

где  $l$  – расстояние продвижения фронта жидкости.

Разделяем переменные в (2):

$$l dl = \frac{r^2 \Delta P}{8\eta} dt . \quad (3)$$

Интегрируем:

$$l^2 = \frac{r^2 \Delta P}{8\eta} t + const . \quad (4)$$

Постоянную интегрирования находим из условия: при  $t = 0, l = 0, const = 0$ :

$$l^2 = \frac{r^2 \Delta P t}{4\eta} . \quad (5)$$

Если давление задается величиной капиллярного давления по Лапласу:

$$\Delta P_{\kappa} = \frac{2\sigma \cos \theta}{r} , \quad (6)$$

то

$$l^2 = \frac{\sigma \cdot r \cdot \cos \theta}{2\eta} t . \quad (7)$$

Заменяя величину  $\sigma$  на ее выражение из уравнения Юнга:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{m2} - \sigma_{m3c}}{\sigma_{жсг}} , \quad (8)$$

получаем уравнение, позволяющее оценить значение  $\sigma_{т ж}$ , которое экспериментально не определяется:

$$l^2 = \frac{(\sigma_{m2} - \sigma_{m3c})rt}{2\eta} . \quad (9)$$

В случае вертикального капилляра на жидкость действует сила тяжести:

$$P = \rho g l . \quad (10)$$

На некоторой высоте  $l = l_{\max}$  поднятие жидкости прекращается, поскольку капиллярное давление уравновешиваем силой тяжести. Из равенства (10) и (2) следует уравнение Жюрена (1) или с использованием уравнения Юнга (8):

$$l_{\max} = \frac{2(\sigma_{m2} - \sigma_{m3c})}{r\rho g} . \quad (11)$$

Для движения жидкости по вертикальному капилляру уравнение Пуазейля запишется в виде:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\eta l} \frac{2\sigma \cos \theta}{r - \rho g l} , \quad (12)$$

с учетом (11)

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2 \rho g}{8\eta l} (l_{\max} - l) . \quad (13)$$

Обозначим:

$$\frac{r^2 \rho g}{8\eta} = K . \quad (14)$$

Тогда:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{K(l_{\max} - l)}{l} . \quad (15)$$

Разделим переменные:

$$\frac{ldl}{(l_{\max} - l)} = Kdt . \quad (16)$$

Интегрируем:

$$-l_{\max} [\ln(l_{\max} - l) - 1] - l = Kt + const , \quad (17)$$

при  $t = 0; l = 0$

$$const = -l_{\max} [\ln(l_{\max} - 1)] . \quad (18)$$

Окончательно получаем:

$$l_{\max} \ln\left[\frac{l_{\max}}{l_{\max} - l}\right] - l = Kt \quad (19).$$

Уравнение (19), известное как уравнение Вошберна, неудобно для обработки первичных экспериментальных данных, поскольку предполагает длительное время определения величины  $l_{\max}$ .

Разлагая логарифмическую функцию в степенной ряд и пренебрегая высшими членами разложения, приведем уравнение (19) к следующему квадратичному уравнению [1]:

$$l^2 = Kt \cdot (l_{\max} - l) . \quad (20)$$

В принципе такую зависимость следовало ожидать, поскольку основное уравнение Пуазейля также приводит к параболическому распределению линейной скорости слоев жидкости от расстояния до оси канала.

Приведем уравнение (20) к линейному виду:

$$\frac{l}{t} = \frac{Kl_{\max}}{l} - K . \quad (21)$$

На рис. 1 представлен пример обработки экспериментальных данных по капиллярному поднятию смешанного раствора оксифоса Б с неололом АФ-9-10 в перхлорэтилене в координатах уравнения (21). При определении капиллярных характеристик текстильных материалов экспериментальные точки хорошо ложатся напрямую, что свидетельствует об адекватности нашей методики в применении ее к смешанным растворам ПАВ.

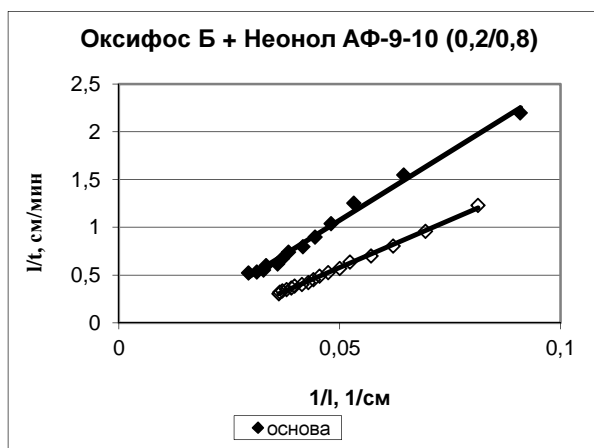


Рис. 1. Зависимость скорости от высоты поднятия по вертикальному образцу хлопчатобумажной ткани растворов смесей ПАВ с различным соотношением компонентов по мольной доле

По значению тангенса угла наклона экспериментальной прямой к оси абсцисс можно определить  $Kl_{\max}$ . По уравнению (21) рассчитывается значение константы  $K$ , определяемое размерами капилляров  $r$  (14) и равновесное значение  $l_{\max}$ .

На рис. 2 представлены результаты обработки экспериментальных данных по определению максимальной высоты поднятия для растворов смеси двух ПАВ.

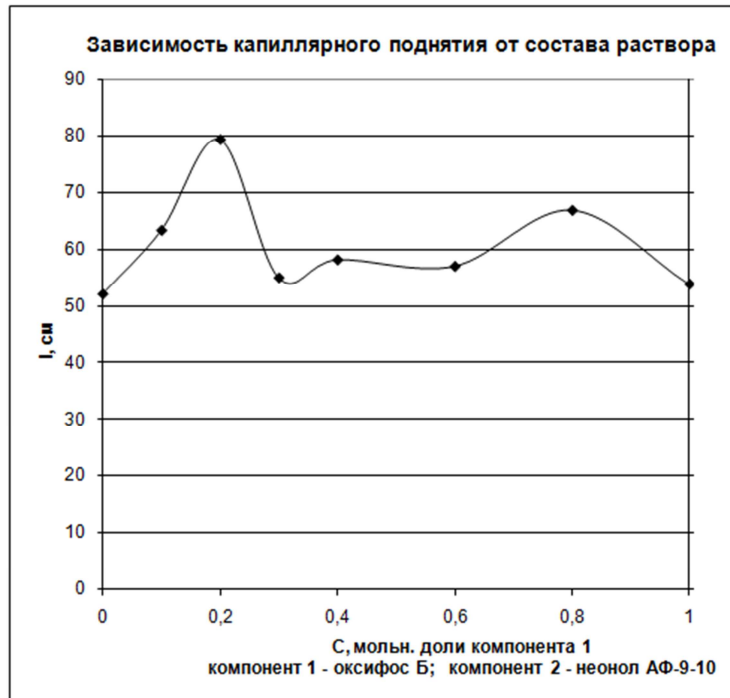


Рис.2. Зависимость максимальной высоты поднятия от мольной доли оксифоса Б в смешанном растворе оксифоса Б с неонолом АФ-9-10 в перхлорэтилене

С этими же растворами был проведен эксперимент по определению их моющей способности. Моющая способность определялась оптическим методом с применением искусственно загрязненных образцов по методу, разработанному для определения моющей способности [2]. Определяем коэффициент отражения света чистого, загрязненного и отмытого данным раствором образца хлопчатобумажной ткани. Значение моющей способности вычисляется по формуле [3]:

$$MC = \frac{R_C - R_3}{R_H - R_3} \cdot 100, \quad (6)$$

где  $MC$  – моющая способность в %;  $R_C, R_3, R_H$  – коэффициенты отражения света очищенной, загрязненной и исходной (незагрязненной) ткани.

Результаты исследования моющей способности оксифоса Б в смеси с неололом АФ-9-10 представлены на рис. 3.

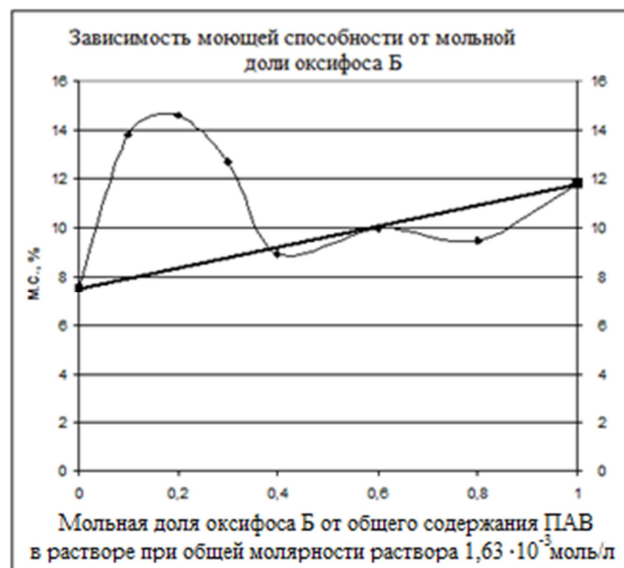


Рис. 3. Зависимость моющей способности смеси оксифоса Б с неололом АФ-9-10 от мольной доли оксифоса Б

Для идеально-смешанного раствора моющая способность должна изображаться отрезком прямой, соединяющей величины моющей способности бинарных растворов. Однако, согласно нашим экспериментальным данным максимальное значение моющей способности, также как и максимальной высоты поднятия жидкости по капиллярам, наблюдается при соотношении оксифоса Б и неолола АФ-9-10 по мольной доле 0,2 к 0,8.

Сравнивая рис. 2 и 3, можно сделать вывод о том, что смачивающая и моющая способность раствора коррелируют между собой. Возможное объяснение наблюдаемой неаддитивности свойств заключается в следующем. Не идеальность процесса смешения

бинарных растворов вызвана взаимодействием компонентов, в результате которого изменяется величина энтропийной составляющей по сравнению с энтропией идеального смешения ( $T \sum_i N_i \ln N_i$ , где  $N_i$  – мольная доля  $i$ -го компонента), и появляется энтальпийная составляющая изменения энергии Гиббса при образовании смешанного раствора. Не идеальность смешанного раствора проявляется также и в разнице в составах смешанных адсорбционных слоев и смешанных растворов. Если принять, что преобладающим фактором моющего действия служит адсорбция ПАВ, то при составе раствора, соответствующем максимуму моющего действия, должен образовываться наиболее плотный насыщенный адсорбционный слой. Но адсорбционные слои такого же состава должны образовываться и в эксперименте по капиллярному поднятию растворов того же состава. В этом случае избыточные межфазные энергии на границах раздела фаз «жидкое – твердое» и «жидкое – газ» будут минимальны, что приведет к максимальному смачиванию и будет отвечать наибольшему поднятию жидкости по вертикальному образцу ткани.

Если наша гипотеза верна, то именно адсорбция ПАВ служит лимитирующей стадией моющего действия, а смачиваемость, определяемая описанным методом, может служить критерием оценки моющей способности (по крайней мере, в системах, аналогичных изученным).

#### Список литературы

1. Агеев А.А., Волков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон: учеб. для вузов. – М: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 464 с.
2. Ребиндер П.А. Физико-химия моющего действия. – М.: Пищепромиздат, 1935. – 158с.
3. Агеев А.А., Панова Т.В., Фокина О.П. Изучение компонентов физической модели моющей системы. 1. Имитация общих естественных загрязнений // Наука – сервису. Ч. 1. XI Международная научно-практическая конференция. Секция «Проблемы и решения теоретических и прикладных задач сервисных технологий». ГОУВПО «МГУС». – М., 2006. – С. 13–16.
4. Агеев А.А., Панова Т.В., Фокина О.П. Изучение компонентов физической модели моющей системы. 2. Оптический метод оценки протекания моющего процесса // Наука – сервису. Ч. 1. XI Международная научно-практическая конференция. Секция

«Проблемы и решения теоретических и прикладных задач сервисных технологий». ГОУВПО «МГУС». – М., 2006. – С.10–13.

5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учеб. для вузов. – М.: Химия, 2004. – 464 с.

Рецензенты:

Кондратьев Л.Т., д-р хим. наук, профессор, ведущий эксперт ООО «Экспертный Центр - Профessional», г. Пушкино.

Жигунова Л.К., к.х.н., профессор, проректор по воспитательной работе НОУ ВПО «ИМЭИ», г. Москва.