

УДК 544.77:661.185

Г. Г. Эмелло, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
Ж. В. Бондаренко, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
Л. Д. Фирсова, студентка (БГТУ); П. В. Ивинская, студентка (БГТУ)

### ПОВЕРХНО-АКТИВНЫЕ И ПЕНООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТА GENAPOL LRO В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА

Изучены поверхностно-активные свойства систем «вода – препарат Genapol LRO», «вода – поливинилпирролидон», «вода – препарат Genapol LRO – поливинилпирролидон» в зависимости от количества компонентов. Установлено, что поливинилпирролидон является поверхностно-неактивным веществом, а поверхностная активность препарата Genapol LRO составляет  $32,9 \text{ (Дж} \cdot \text{л)} / (\text{м}^2 \cdot \text{моль})$ . Изучена пенообразующая способность водных растворов препарата ПАВ в области концентраций 0,02–50,00 г/л. Во всем интервале концентраций получены высокоустойчивые пены и подтверждено, что препарат Genapol LRO выполняет одновременно функции пенообразователя и стабилизатора. Для растворов препарата ПАВ 2,0 г/л изучено влияние поливинилпирролидона на их способность к пенообразованию и стабилизации пен. Определена область расхода поливинилпирролидона, обеспечивающая получение гигиенических моющих средств в соответствии с требованиями СТБ 1675–2006.

Surface-active properties of systems “water – surfactant Genapol LRO”, “water – polyvinylpyrrolidone”, “water – Genapol LRO – polyvinylpyrrolidone”, depending on the amount of components were studied. It was established that polyvinylpyrrolidone is a surface-inactive substance, and the surface activity of the preparation Genapol LRO is  $32,9 \text{ (J} \cdot \text{l)} / (\text{m}^2 \cdot \text{mol})$ . Foaming capacity of water solutions of the SAS in the concentration 0,02–50,00 g/l was defined. Over the whole range of concentrations highly resistant foams were obtained. It was confirmed that the preparation Genapol LRO performs the functions of both frother and stabilizer. It was investigated the influence of polyvinylpyrrolidone on solutions to foam and them stabilization for the surfactant of 2,0 g/l. The quantity of polyvinylpyrrolidone, providing the production of hygienic detergent in accordance with the requirements of STB 1675-2006, was determined.

**Введение.** Косметические препараты, в том числе гигиенические пеномоющие средства (ГПС), представляют собой, как правило, многокомпонентные системы. Одними из основных ингредиентов этих косметических средств являются поверхностно-активные вещества (ПАВ) и высокомолекулярные соединения. ПАВ в составе косметических средств обеспечивают пенообразующее и детергирующее свойства, солубилизацию нерастворимых в воде ингредиентов и др.

Водорастворимые полимеры в рецептуры моющих средств вводят для увеличения вязкости систем, повышения растворимости компонентов, улучшения моющего действия, обеспечения кондиционирующего эффекта и др. [1]. Совместное использование ПАВ и полимеров в составе косметических средств влечет за собой их взаимное влияние на свойства друг друга, которое проявляется в первую очередь в изменении поверхностно-активных свойств на границе раздела «раствор ПАВ – воздух».

Целью данной работы явилось изучение влияния расхода поливинилпирролидона (ПВП) на поверхностно-активные свойства и пенообразующую способность препарата ПАВ Genapol LRO. Понимание закономерностей протекания физико-химических процессов в межфазных слоях в зависимости от природы и

содержания этих основных компонентов ГПС является важным при разработке составов косметических средств.

**Материалы и методы.** Препарат Genapol LRO представляет собой полупрозрачную, бесцветную жидкость с содержанием поверхностно-активных веществ около 70%. По химическому составу это смесь диэтоксилаурилсульфата и диэтоксимирилсульфата натрия, т. е. он является типичным представителем анионных коллоидных ПАВ.

Поливинилпирролидон (продукт полимеризации винилпирролидона со средней молекулярной массой 8000) представляет собой аморфный, гигроскопический порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде. В водных растворах ПВП имеет слабоосновный характер и может ассоциировать в воде с анионными ПАВ [2]. В составе гигиенических моющих средств ПВП, как правило, выполняет функцию загустителя. Кроме того, известно [3], что он образует комплексы с красителями и лекарственными веществами, обладает противовоспалительным действием, создает защитное покрытие на волосах и др.

Поверхностно-активные свойства растворов препарата ПАВ и ПВП изучали сталагмометрическим методом [4]. Пенообразующую способность

исследуемых систем и устойчивость пен, полученных с их использованием, определяли на приборе Росс – Майлса [5].

В эксперименте использовались водные растворы: препарата ПАВ Genapol LRO с концентрациями 0,02–50,00 г/л; ПВП с концентрациями 0,05–50,00 г/л. Растворы готовили с использованием дистиллированной воды во избежание влияния солей жесткости.

**Основная часть.** Изучено поверхностное натяжение водных растворов препарата Genapol LRO и ПВП (температура  $(18 \pm 1)^\circ\text{C}$ ). На рис. 1 представлены изотермы поверхностного натяжения  $\sigma = f(\ln c)$ .

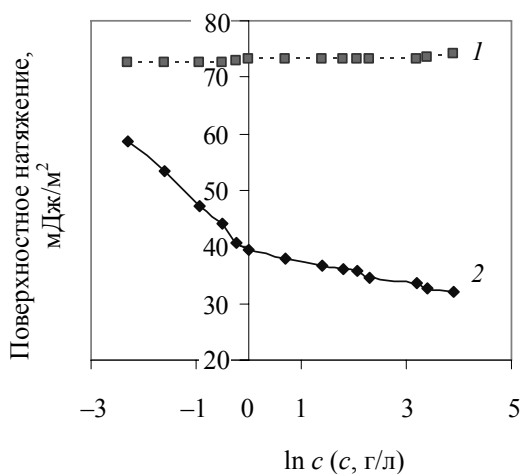


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов компонентов от концентрации:  
1 – ПВП; 2 – Genapol LRO

Из представленных зависимостей видно, что поверхностное натяжение водных растворов ПВП (рис. 1, линия 1) является практически постоянным в области изученных концентраций (0,1–50,0 г/л). Это свидетельствует о том, что ПВП ведет себя по отношению к воде как поверхностно-неактивное вещество.

На изотерме поверхностного натяжения водных растворов препарата Genapol LRO (рис. 1, линия 2) можно выделить две прямолинейные области: область резкого снижения поверхностного натяжения (от 58,78 до 40,79 мДж/м<sup>2</sup>) при изменении концентрации от 0,1 до 0,8 г/л и область менее значительного уменьшения  $\sigma$  (от 39,50 до 31,93 мДж/м<sup>2</sup>) при изменении концентрации от 1,0 до 50,0 г/л. Первая область соответствует формированию насыщенного мономолекулярного слоя на границе раздела «раствор ПАВ – воздух» и предшествует появлению в растворе мицеллярных структур. Дальнейшее уменьшение поверхностного натяжения (вторая область) связано, по нашему мнению, с пере-

стройкой поверхностного слоя, так как в водном растворе препарата содержатся два вида поверхностно-активных ионов. При этом один из них (этоксилаурилсульфат) обладает более высокой подвижностью в силу меньшего размера, а второй (этоксимиристилсульфат) – более высокой способностью выталкиваться в поверхностный слой из полярной среды (адсорбироваться).

Для определения поверхностной активности препарата была построена изотерма поверхностного натяжения в координатах  $\sigma = f(c)$  в области малых концентраций (0,05–1,00 г/л). Поверхностная активность препарата Genapol LRO составила  $32,9 \cdot 10^{-2}$  (Дж · л)/(м<sup>2</sup> · моль).

Изучено влияние расхода препарата ПАВ на его пенообразующую способность и устойчивость полученных пен. Пенообразующую способность оценивали по пенному числу, которое определяли по высоте столба пены в миллиметрах, измеренной через 30 с после истечения 200 см<sup>3</sup> раствора препарата с высоты 900 мм на поверхность такого же раствора [5]. Устойчивость исследуемых пен рассчитывали как отношение высоты столба пены через 5 мин к высоте столба пены, измеренной через 30 с ( $Y$ , %). Полученные данные приведены на рис. 2.

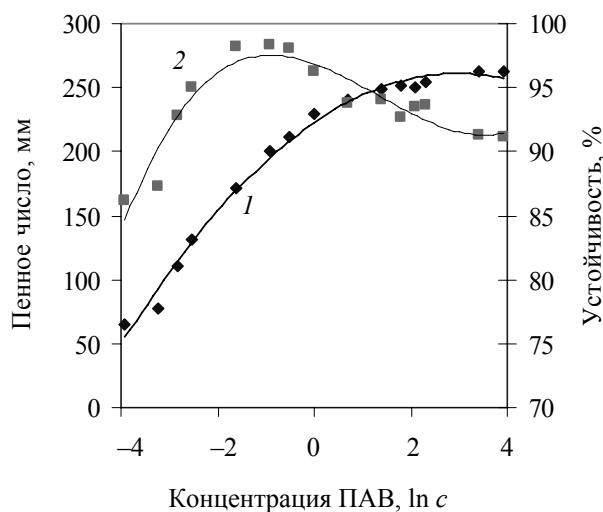


Рис. 2. Зависимость пенного числа (1) и устойчивости пен (2) от концентрации ПАВ

Из рис. 2 (линия 1) видно, что с увеличением концентрации раствора ПАВ от 0,02 до 0,80 г/л пенное число возрастает более значительно (от 65 до 229 мм), чем в области концентраций 1,0–50,0 г/л (от 235 до 262 мм). Сравнение закономерностей, представленных на рис. 1 (линия 2) и рис. 2 (линия 1) позволяет сделать вывод, что пенообразующая способность препарата Genapol LRO связана с его поверхностно-активными свойствами, что не противоречит теоретическим данным [6]. Данная

связь объясняется тем, что с уменьшением поверхностного натяжения затрачивается меньшая работа для получения одинакового объема пены.

Препарат Genapol LRO относится к пенообразователям второго рода [7], образующим в воде коллоидные системы, из которых получают высокоустойчивые пены. Следовательно, эти пенообразователи являются одновременно и стабилизаторами пен. По методу Девиса [8] рассчитан гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) препарата ПАВ, который составил 13,8. Известно [9], что если ГЛБ равен 8–18, то такие ПАВ являются хорошими стабилизаторами прямых эмульсий, причем чем больше значение ГЛБ, тем эффективнее стабилизирующее действие. Так как пена – это дисперсная система, в которой средой, как и в прямой эмульсии, является полярная жидкость (вода), то полученное значение ГЛБ подтверждает, что препарат Genapol LRO может быть хорошим стабилизатором пен.

Действительно, из рис. 2 (линия 2) видно, что во всей области исследованных концентраций препарата ПАВ получены высокоустойчивые пены ( $Y = 87–98\%$ ). Зависимость устойчивости  $Y = f(\ln c)$  носит экстремальный характер: максимальное значение устойчивости достигается при концентрациях ПАВ 0,2–0,8 г/л.

Пены, образованные пенообразователями второго рода, являются метастабильными. Истечение между пленочных жидкостей в таких пенах в определенный момент времени прекращается, и пенный каркас может сохраняться длительное время при отсутствии разрушающего действия внешних факторов. Стабилизация пленок, образованных с использованием препарата Genapol LRO, обусловлена следующими термодинамическими факторами: структурно-механическими свойствами адсорбционно-сольватных слоев, образованных в результате переплетения неполярных углеводородных радикалов поверхностно-активных анионов ПАВ; расклинивающим давлением, связанным с образованием двойного электрического слоя.

На рис. 3 представлены результаты исследования влияния расхода ПВП на поверхностное натяжение водных растворов препарата Genapol LRO. Как видно из представленных данных, присутствие ПВП в растворах препарата Genapol LRO (в изученном интервале концентраций) повышает поверхностное натяжение на границе с воздухом. Это свидетельствует о том, что молекулы ПВП способны адсорбироваться на границе раздела «водный раствор – воздух». С ростом содержания ПВП в растворе ПАВ одной и той же концентрации количество молекул ПВП в поверхностном слое увеличивается, а количество молекул ПАВ

уменьшается. При этом чем больше концентрация раствора ПАВ, тем меньшее количество молекул ПВП попадает на границу раздела фаз.

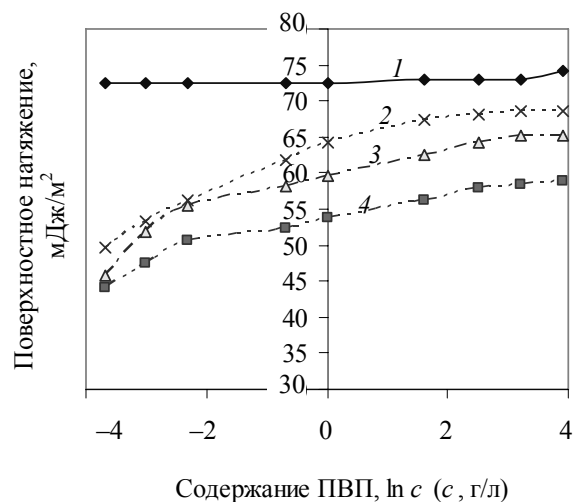


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от содержания ПВП в растворах ПАВ с концентрациями, г/л: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 5; 4 – 10

Изучены пенообразующие свойства растворов препарата ПАВ с концентрацией 2,0 г/л в присутствии ПВП. Полученные данные представлены на рис. 4.

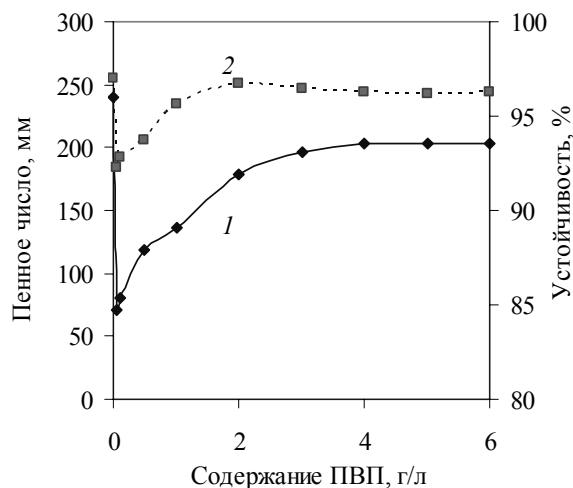


Рис. 4. Влияние концентрации ПВП на пенное число (1) и устойчивость пен (2)

Из рис. 4 видно, что при введении ПВП в количестве до 0,05 г/л происходит снижение пенообразующей способности препарата Genapol LRO в 3,5 раза (пенное число уменьшается с 240 до 69 мм). При этом устойчивость полученных пен также уменьшается с 98 до 94%. Дальнейшее повышение содержания ПВП

в системе до 3,0 г/л приводит к возрастанию данных показателей, а затем остается практически неизменным. Аномальное падение пенообразующих свойств в области малых концентраций ПВП, по нашему мнению, может быть связано со способностью его молекул взаимодействовать с ионами ПАВ с образованием своеобразных комплексов «ПАВ – полимер» [2].

Для более полного понимания механизмов протекающих процессов необходимо изучить поверхностно-активные и пенообразующие свойства водных растворов ПАВ с концентрациями менее 2,0 г/л в диапазоне содержания ПВП 0,001–10,000 г/л.

Изучена кинетика устойчивости пен, полученных из водных растворов препарата ПАВ, содержащих ПВП в различном количестве. Полученные данные приведены на рис. 5.

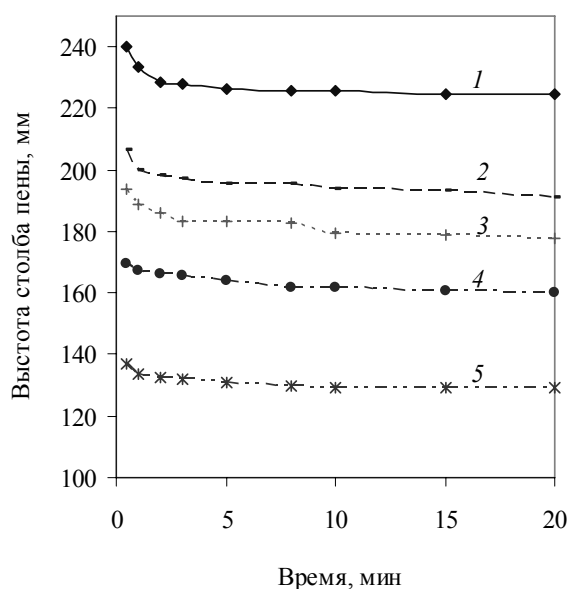


Рис. 5. Кинетика устойчивости пен при содержании ПВП, г/л:  
1 – 0; 2 – 10,0; 3 – 5,0; 4 – 2,0; 5 – 1,0

Установлено, что скорость разрушения пены (полученной из раствора препарата ПАВ с концентрацией 2,0 г/л) через 1 мин составляет 7 мм/мин; а в системах с ПВП – 3 мм/мин. Следовательно, ПВП оказывает дополнительное стабилизирующее действие на пены, которое связано с кинетическим фактором устойчивости, заключающемся в замедлении утончения пленки за счет повышения ее вязкости в присутствии ВМС. Через 4 мин существования пен их разрушение практически прекращается. Это связано, по нашему мнению, с тем, что вслед-

ствие истечения части междупленочной жидкости происходит дополнительное повышение вязкости оставшейся прослойки жидкости за счет дополнительного ее структурирования.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что ПВП оказывает существенное влияние как на поверхностно-активные, так и на пенообразующие свойства препарата Genapol LRO. Характер данного влияния неоднозначен и зависит от концентрации раствора ПАВ и содержания ПВП. Определено, что в водных растворах ПАВ с концентрацией 2,0 г/л, содержащих ПВП в количествах 1,0–10,0 г/л, пенообразующая способность и устойчивость пен находятся в пределах, соответствующих требованиям СТБ 1675–2006.

### Литература

1. Плетнев, Ю. М. Косметико-гигиенические моющие средства / Ю. М. Плетнев. – М.: Химия, 1990. – 272 с.
2. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]. – Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
3. Косметическая химия: в 2 ч. Ч. 1. Ингредиенты / Л. Самуйлова [и др.]; под ред. Л. Самуйловой, Т. Пучковой. – М.: Школа косметических химиков, 2005. – 384 с.
4. Айвазов, Б. В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции / Б. В. Айвазов. – М.: Высшая школа, 1973. – 208 с.
5. Средства моющие синтетические. Метод определения пенообразующей способности: ГОСТ 22567.1–77. – Введ. 02.06.77; продл. 29.06.84. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.
6. Коллоидные поверхностно-активные вещества. Физико-химические свойства / К. Шинода [и др.]. – М.: Мир, 1966. – 317 с.
7. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В. К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 264 с.
8. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение: учеб. пособие для вузов / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд; под ред. А. А. Абрамзона. – Л.: Химия, 1988. – 200 с.
9. Поверхностно-активные вещества: справочник / А. А. Абрамзон [и др.]; под ред. А. А. Абрамзона, Г. М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.
10. Изделия косметические гигиенические моющие. Общие требования: СТБ 1675–2006. – Введ. 01.07.07. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2007. – 6 с.

Поступила 28.02.2013