

УДК 661.185.1:665.585.5

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

СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРЕПАРАТА COMPERLAN KD

Изучены поверхностно-активные и оптические свойства препарата ПАВ Comperlan KD с применением различных методов анализа. Определены поверхностная активность, количественные характеристики процессов адсорбции, мицеллообразования и солюбилизации; рассчитан гидрофильно-липофильный баланс ПАВ. Показано, что препарат Comperlan KD может быть использован совместно с анионными препаратами как компонент в композиции гигиенических моющих средств. Подтверждено, что данный препарат выполняет функции стабилизатора пен и солюбилизатора эфирных масел.

The surface-active and optical properties of surfactant specimen Comperlan KD have been researched using various methods of analysis. The surface activity, adsorption, micelle formation and solubilization quantitative characteristics have been determined; hydrophilic-lipophilic balance has been calculated. It is shown that specimen Comperlan KD can be used with anionic surfactant specimens as a component of hygienic detergent. It was confirmed that this surfactant specimen performs the functions of stabilizer of foam and solubilizer of essential oil.

Введение. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе и в косметических производствах [1, 2], выступая при этом как эмульгаторы, пенообразователи, структурообразователи, детергенты и др. Все ПАВ объединяет то, что применение их обусловлено адсорбцией на границах раздела фаз и способностью понижать поверхностное натяжение. Эти их свойства определяются дифильностью молекул, т. е. наличием в них гидрофильных и гидрофобных групп.

Известно, что для оценки эффективности ПАВ в проявлении того или иного функционального действия существуют следующие методы [3]:

– непосредственная оценка действия ПАВ (например, оценка моющего действия по удалению загрязнений);

– использование критериев, предложенных на основании качественных представлений (например, система ГЛБ – гидрофильно-липофильный баланс);

– применение характеристик, представляющих собой постоянные величины или параметры фундаментальных уравнений (например, оценка поверхностной активности или работы адсорбции).

Ранее нами были изучены свойства водных растворов препаратов ПАВ Cremophor A25, Geparol LRO и Texaron K12G [4, 5]. Целью данной работы явилось изучение свойств водных растворов препарата ПАВ Comperlan KD (производитель Cognis).

Основная часть. Препарат Comperlan KD (диэтаноламиды жирных кислот кокосового масла) представляет собой смесь неионогенных

поверхностно-активных веществ с общей формулой $C_nH_{2n+1}C(O)N(CH_2CH_2OH)_2$, где $n = 7-17$ (преимущественно 11) [6].

Данный неионогенный препарат используется в составе гигиенических моющих средств (ГМС) совместно с анионным ПАВ. Известно, что он регулирует вязкость косметических средств и обладает смягчающим действием на кожу [2]. Основные характеристики препарата приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики препарата ПАВ

Наименование параметра	Значение параметра
Внешний вид	Пастообразный продукт кремового цвета
Концентрация ПАВ, %	90,7
Содержание воды, %	0,5
Содержание сложных эфиров, %	4,5
Содержание свободных жирных кислот, %	0,9
Содержание свободных аминов, %	4,6
pH 1%-ного водного раствора	8,9

По методу Дэвиса рассчитан гидрофильно-липофильный баланс препарата ПАВ (ГЛБ = 15) [3]. Полученное значение свидетельствует о том, что препарат Comperlan KD может выполнять функции эмульгатора прямых эмульсий, детергента и солюбилизатора, но не позволяет оценить его способность к пенообразованию. Поэтому были изучены поверхностно-активные и оптические свойства водных растворов препарата ПАВ с концентрациями 0,001–20,000 г/л.

Сталагмометрическим методом [7] определено поверхностное натяжение водных растворов препарата ПАВ (температура 19°C). Результаты представлены на рис. 1.

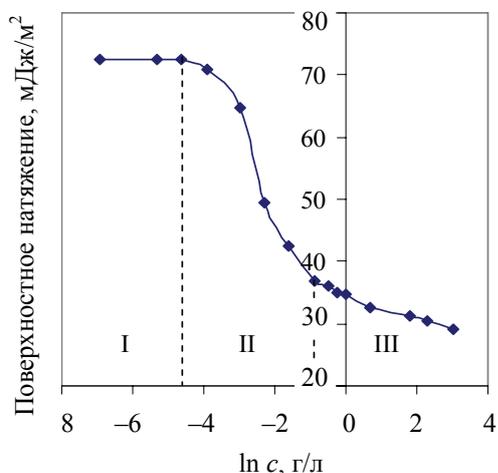


Рис. 1. Изотерма поверхностного натяжения водных растворов препарата ПАВ

Анализ изотермы показал, что на графике можно выделить три области, отличающиеся по характеру концентрационной зависимости поверхностного натяжения. Область I ($c = 0,001-0,010$ г/л): поверхностное натяжение практически постоянно и численно равно поверхностному натяжению на границе раздела «вода – воздух». Следовательно, в данной области препарат Comperlan KD ведет себя как поверхностно-неактивное вещество, так как количество его молекул в поверхностном слое жидкости ничтожно мало. Область II ($c = 0,01-0,40$ г/л): при увеличении концентрации наблюдается понижение поверхностного натяжения практически в два раза (от 72,5 до 36,8 мДж/м²). Это свидетельствует о том, что происходит интенсивное концентрирование молекул препарата в поверхностном слое раствора, т. е. он проявляет поверхностно-активные свойства. Область III ($c = 0,4-20,0$ г/л): понижение поверхностного натяжения с увеличением концентрации менее значительно, чем в предыдущей области (от 35,9 до 29,2 мДж/м²). При концентрации раствора $c = 0,4$ г/л ($\ln c = -0,9$) на его поверхности образовался насыщенный слой поверхностно-активных молекул, поэтому понижение поверхностного натяжения при увеличении концентрации в этой области, по-нашему мнению, связано с его перестроением. Это связано с тем, что: более поверхностно-активные молекулы, т. е. имеющие более длинный углеводородный

радикал, вытесняют менее поверхностно-активные [8]. Предположительно критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) находится в интервале 0,2–0,4 г/л. Значение поверхностного натяжения в области ККМ составляет 42,7–36,8 мДж/м².

Для определения поверхностно-активных характеристик препарата ПАВ и его водных растворов была построена изотерма поверхностного натяжения в области концентраций 0,0025–0,600 г/л и рассчитана адсорбция по Гиббсу. На рис. 2 представлены изотермы поверхностного натяжения (σ , мДж/м²) и адсорбции по Гиббсу (Γ , моль/м²).

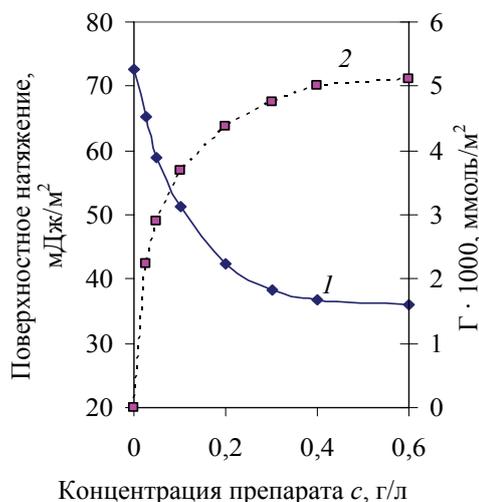


Рис. 2. Изотермы поверхностного натяжения (1) и адсорбции по Гиббсу (2) водных растворов препарата ПАВ

По полученным экспериментальным данным рассчитаны основные поверхностно-активные характеристики препарата [9]: поверхностная активность g , предельная адсорбция по Лэнгмюру a_{∞} , средняя площадь, занимаемая одной молекулой ПАВ в насыщенном мономолекулярном слое S_0 , константы уравнения Шишковского A и B и работа адсорбции $W_{\text{адс}}$. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Поверхностно-активные характеристики препарата Comperlan KD

Наименование характеристики	Значение
g , (Дж · л)/(м ² · г)	0,356
$a_{\infty} \cdot 10^6$, моль/м ²	5,26
$S_0 \cdot 10^{20}$, м ² /молек.	31,5
A , г/л	0,036
B , Дж/м ²	0,0129
$W_{\text{адс}}$, кДж/моль	19,6

Проведен анализ полученных данных в сравнении с поверхностно-активными характеристиками других препаратов ПАВ, изученных ранее [4]. Установлено, что препарат Comperlan KD нельзя отнести к хорошим пенообразователям, но он может способствовать процессу формирования пен при использовании совместно с анионным ПАВ. При этом его присутствие в жидких адсорбционных пленках пен значительно повышает их устойчивость.

Турбидиметрическим методом [9] исследована способность водных растворов препарата ПАВ с концентрациями 0,005–20,000 г/л рассеивать свет (температура 18°C). На фотометре КФК-3-01 при длинах волн 390, 440, 480, 540 нм измерена оптическая плотность растворов (ширина кювет составляла 5 и 1 см). По полученным данным рассчитана мутность систем (τ , см^{-1}), показывающая долю рассеянного частицами света по отношению к интенсивности падающего света. Согласно теории светорассеяния Рэлея [10], мутность системы зависит от количества частиц, присутствующих в ней, и прямо пропорциональна радиусу частицы в шестой степени.

На рис. 3 представлены зависимости мутности от концентрации раствора препарата Comperlan KD.

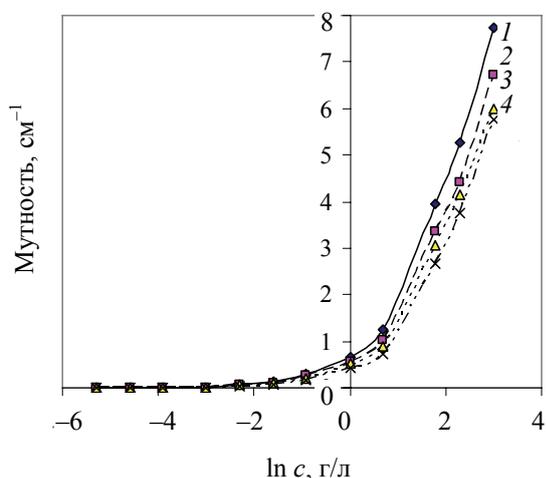


Рис. 3. Зависимость мутности водных растворов препарата от концентрации.

Длина волны падающего света, нм:

1 – 390; 2 – 440; 3 – 480; 4 – 540

Появление мутности было обнаружено во всех растворах ПАВ. В области концентраций препарата ПАВ 0,005–0,200 г/л оно менее значительно и составляет 0,0009–0,1300 см^{-1} . Так как эти концентрации ниже значения ККМ, следовательно, в данных системах мицеллы отсутствуют, а свет рассеивается, по нашему

мнению, мельчайшими частичками сложных эфиров и свободных жирных кислот, присутствующих в препарате ПАВ в виде примесей (табл. 1). При увеличении концентрации раствора от 0,4 до 20,0 г/л происходит значительное повышение мутности систем от 0,31 до 7,75 см^{-1} , что связано с появлением мицелл, образованных молекулами ПАВ, увеличением их размеров и количества, а также с изменением их формы.

Рефрактометрическим методом [11] изучено преломление света в водных растворах препарата Comperlan KD (концентрации растворов 0,005–20,000 г/л, рефрактометр ИРФ-454Б2М, температура 18°C).

Известно, что показатель преломления зависит от плотности раствора (плотность исследованных растворов была близка плотности воды) и от молекулярной рефракции вещества. Молекулярная рефракция представляет собой сумму атомных рефракций и рефракций инкрементов связей. Получено, что в области существования истинных растворов рефракция остается практически постоянной, показатель преломления растворов близок к показателю преломления воды (1,3327).

В коллоидных растворах суммарная рефракция подчиняется правилу аддитивности, в котором учитывается объемная доля появляющейся новой фазы и учитывающая инкременты связей внутри мицелл. Поэтому в растворах, содержащих мицеллы, показатель преломления растет до 1,3350 с ростом их количества и размеров.

В составе различных косметических изделий активно применяются различные биологически активные вещества, например, эфирное масло чайного дерева. Оно представляет собой прозрачную желтоватую жидкость с приятным запахом, является природным антисептиком, благоприятно влияет на клетки кожи и организм в целом [12].

Эфирные масла не растворяются в воде, но могут быть солюбилизированы коллоидными растворами ПАВ. Поэтому рефрактометрическим методом была изучена солюбилизация масла чайного дерева в коллоидных растворах препарата ПАВ с концентрациями 5, 10 и 20 г/л. Для интенсификации процесса солюбилизации проводили механическое встряхивание систем в течение 10 и 30 мин. На рис. 4 показаны зависимости показателя преломления солюбилизированных систем от объема добавленного в них масла.

Согласно практикуму [13] коэффициент рефракции раствора возрастает по мере увеличения

количества коллоидно растворенного в нем солюбилизата, достигая наибольшего и постоянно значения при образовании раствора, насыщенного маслом. Из зависимостей, представленных на рис. 5, установлено, что насыщение коллоидных растворов с концентрациями 5, 10 и 20 г/л соответствует значениям показателя преломления 1,3340, 1,3351 и 1,3369 соответственно. По полученным данным были рассчитаны объемы (миллилитры) масла чайного дерева, которые способны солюбилизироваться в 10 мл растворов препарата Comperlan KD с различными концентрациями. Добавление избыточного количества масла влияет на определение показателя преломления, системы становятся мутными и плохо видна граница раздела фаз, что связано с эмульгированием солюбилизата.

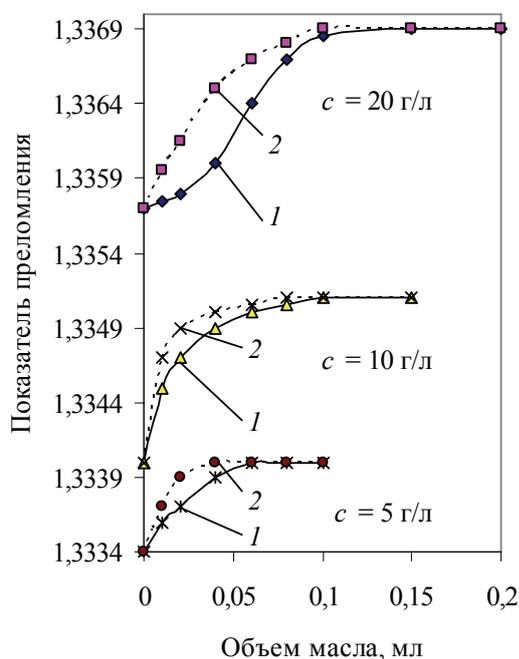


Рис. 4. Зависимость показателей преломления водных растворов препаратов ПАВ от объема солюбилизата. Продолжительность, мин: 1 – 10; 2 – 30

Заключение. Проведенные исследования подтвердили целесообразность использования препарата Comperlan KD в составе ГМС в качестве дополнительного к анионным ПАВ, например, препаратам Genapol LRO, Техарол K12G. Эффективными функциями препарата Comperlan KD в составе средств являются усиление пенообразующей способности анионного ПАВ и солюбилизация эфирного масла. Это обусловлено поверхностно-активными и коллоидными свойствами его водных растворов.

Литература

- Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / под науч. ред. Л. П. Зайченко. СПб.: Профессия, 2004. 240 с.
- Плетнев Ю. М. Косметико-гигиенические моющие средства. М.: Химия, 1990. 272 с.
- Поверхностно-активные вещества: справочник / А. А. Абрамзон [и др.]; под ред. А. А. Абрамзона, Г. М. Гаевого. Л.: Химия, 1979. 376 с.
- Коллоидно-химические свойства препаратов ПАВ, используемых в косметической промышленности / Г. Г. Эмелло [и др.] // Труды БГТУ. 2012. № 4: Химия и технология орган. в-в и биотехнология. С. 20–24.
- Эмелло Г. Г., Бондаренко Ж. В., Черная Н. В. Поверхностно-активные вещества – основа гигиенических моющих средств // Масложировая промышленность. № 4. 2013. С. 32–34.
- О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / пер. с англ. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды. СПб.: Профессия, 2007. 752 с.
- Айвазов Б. В. Практикум по коллоидной химии поверхностных явлений и адсорбции: учеб. пособие для институтов. М.: Высшая школа, 1973. 203 с.
- Соловьева Т. С., Еремина Л. В., Панич Р. М. Изотермы поверхностного натяжения растворов смесей ионогенных и неионогенных поверхностно-активных веществ // Коллоид. ж-л. Т. XXX, № 4. 1968. С. 587–591.
- Поверхностные явления и дисперсные системы: лаб. практикум для студентов химико-технологических специальностей / А. А. Шершавина [и др.]. Минск: БГТУ, 2005. 106 с.
- Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учеб. для вузов. М.: Химия, 1988. 464 с.
- Иоффе Б. В. Рефрактометрические методы анализа. Л.: Химия, 1983. 352 с.
- Самуйлова Л. В., Пучкова Т. В. Косметическая химия: учеб. издание: в 2 ч. Ч. 1: Ингредиенты. М.: Школа косметических химиков, 2005. 336 с.
- Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно-активных веществ) / под ред. Р. Э. Неймана. М.: Высшая школа, 1971. 176 с.

Поступила 18.02.2014