

УДК 66.069.85:544.77

Г. Г. Эмелло, Ж. В. Бондаренко, Т. В. Харлан
Белорусский государственный технологический университет

ПЕНООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРЕПАРАТОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ГРУППЫ ZETESOL

Изучено пенообразование в водных растворах препаратов анионных поверхностно-активных веществ ZETESOL ZN и ZETESOL MG с концентрациями 0,01–5,00 г/л. Получение пен осуществляли на приборе Росс-Майлса. Пенообразующую способность оценивали по пенному числу и устойчивости пен. Установлено, что необходимая пенообразующая способность достигается в растворах препаратов ZETESOL ZN и ZETESOL MG при концентрации, превышающей 0,2 г/л. Все полученные пены являются высокоустойчивыми. Определено, что пенообразующая способность препаратов связана с их поверхностно-активными и коллоидно-химическими свойствами. Изучение кинетики устойчивости пен показало, что разрушение пен происходит в течение первых 3,5 мин их существования.

На основании экспериментальных данных разработан состав гигиенического моющего средства, получен опытный образец пены для ванн, который проанализирован по основным органолептическим и физико-химическим показателям. Проведенный анализ показал его соответствие требованиям СТБ 1675-2006 «Изделия косметические гигиенические моющие. Общие технические условия».

Ключевые слова: анионный препарат ПАВ, пенное число, устойчивость пен, кинетика устойчивости пен, гигиеническое моющее средство.

G. G. Emello, Zh. V. Bondarenko, T. V. Kharlan
Belarusian State Technological University

FOAMING PROPERTIES OF SURFACTANTS' WATER SOLUTIONS OF ZETESOL GROUP

Foaming process in surfactants' water solutions of ZETESOL ZN and ZETESOL MG in concentration 0.01–5.00 g/l has been investigated. The Ross-Miles device has been used to obtain foams. The foam ability was characterized by the initial foam volume and foam stability. It was proved that optimal foaming ability has been observed with concentration of above-mentioned surfactants above 0.2 g/l. All received foams have been highly resistant. Besides, it was established that foam stability of preparations depends on surface-active and colloidal-chemical properties. Studying the kinetics of foam stability showed that foam destructions happened at first 3.5 minutes of existence.

The composition of hygienic detergent was developed based on experimental data. The detergent prototype was analyzed on the main organoleptic and physicochemical characteristics. The carried out analysis of prototype proved its compliance to requirements of STB 1675-2006 "The cosmetic hygienic washing products. General characteristics".

Key words: anion surfactant specimens, foamy number, stability of foams, kinetics stability of foams, hygienic detergent.

Введение. Многие отрасли промышленности связаны с пенообразованием. При этом, с одной стороны, появление пены в ходе основного технологического процесса или его отдельных стадий может быть крайне нежелательным. В других случаях технология предусматривает специальное добавление пенообразователей для повышения эффективности данного процесса. Например, детергирующее действие моющих средств невозможно без пенообразования.

Основными пенообразующими агентами являются индивидуальные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и препараты на их основе. В связи с увеличением потребности в данных компонентах, в том числе и для гигие-

нических моющих средств (ГМС), производство препаратов ПАВ в последние годы значительно увеличилось. Особо важное значение приобретают этоксилированные препараты ПАВ, обладающие более мягким дерматологическим действием по сравнению с неэтоксилированными анионными препаратами. К данной группе относятся препараты на основе лаурет сульфатов металлов, которые не являются индивидуальными поверхностно-активными веществами. Свойства этих препаратов могут отличаться от свойств поверхностно-активных ингредиентов, так как они содержат в своем составе примеси. Такие препараты мало изучены и не представлены в справочной литературе.

Основная часть. Целью данной работы явилось изучение пенообразующих свойств препаратов ПАВ на основе лаурет сульфата цинка (ZETESOL ZN) и лаурет сульфата магния (ZETESOL MG) со степенью этоксилирования, равной 3.

Состав препаратов ПАВ группы ZETESOL представлен в табл. 1, из которой следует, что препараты значительно отличаются содержанием поверхностно-активного ингредиента (лаурет сульфат металла), а также количеством присутствующих в них примесей.

Таблица 1
Состав препаратов ПАВ

Наименование ингредиента	Содержание ингредиента, %	
	ZETESOL ZN	ZETESOL MG
Лаурет сульфат металла	25,00	50,00
Лаурет-3	1,00	5,00
Сульфат металла	0,30	2,00
Феноксизтанол	–	0,15
Вода	73,70	42,85

Получение пен осуществляли на приборе Росс-Майлса при температуре 17°C. Концентрацию растворов варьировали в интервале 0,01–5,00 г/л (по поверхностно-активному ингредиенту). Растворы готовили в дистиллированной воде, чтобы избежать влияния солей жесткости. Способность к пенообразованию оценивали по пенному числу (ПЧ, мм) в соответствии с [1]. Результаты представлены на рис. 1.

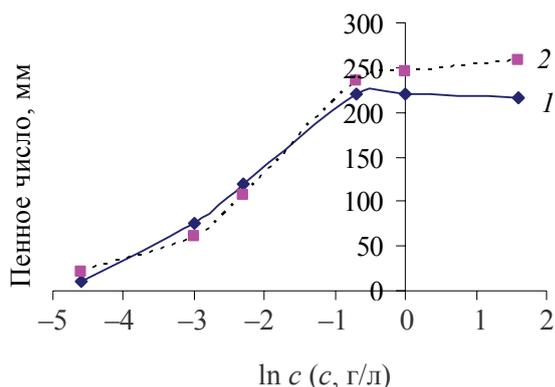


Рис. 1. Зависимость пенного числа от концентрации растворов ПАВ: 1 – ZETESOL MG; 2 – ZETESOL ZN

Известно [2], что пенообразующая способность ПАВ связана с поверхностно-активными и коллоидно-химическими свойствами их водных растворов. Ранее нами были изучены эти свойства для препаратов ПАВ ZETESOL MG и ZETESOL ZN и проведен их сравнительный

анализ [3]. На рис. 2 представлена зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворов ПАВ. Поверхностное натяжение (σ , мДж/м²) определяли стагагмометрическим методом при температуре 18°C, концентрация ПАВ в растворе составляла 0,01–5,00 г/л. Из рис. 2 видно, что исследуемые препараты ПАВ являются коллоидными. Определенные нами ранее критические концентрации мицеллообразования (ККМ) оказались близки и составили 0,8–1,0 г/л ($1,22 \cdot 10^{-3}$ моль/л для ZETESOL MG и $1,16 \cdot 10^{-3}$ моль/л для ZETESOL ZN) [3].

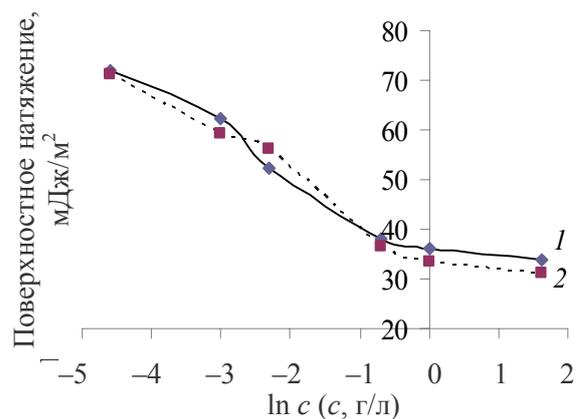


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворов ПАВ: 1 – ZETESOL MG; 2 – ZETESOL ZN

Анализ рис. 1 и 2 показал корреляцию зависимостей $\text{ПЧ} = f(\ln c)$ и $\sigma = f(\ln c)$. В области молекулярных (истинных) растворов ПАВ с ростом концентрации от 0,01 ($\ln c = -4,6$) до 0,50 г/л ($\ln c = -0,69$) поверхностное натяжение на границе «раствор ПАВ – воздух» уменьшается в 1,9–2,0 раза, что способствует процессу пенообразования: пенное число возрастает в 20 раз. Численные значения ПЧ близки для двух препаратов при аналогичных концентрациях растворов. Это закономерно, так как поверхностно-активные свойства препаратов определяются свойствами поверхностно-активного аниона $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3-\text{SO}_3^-$.

В коллоидных растворах препаратов с ростом концентрации ПАВ от 1,0 до 5,0 г/л ($\ln c$ от 0 до 0,6) поверхностное натяжение практически постоянно в связи с образованием насыщенного мономолекулярного слоя на поверхности раствора. Способность к пенообразованию при этом также практически не изменяется для обоих препаратов ПАВ, поскольку при достижении ККМ образуется максимальный объем пены, так как завершается формирование адсорбционного слоя, приобретающего максимальную механическую прочность [2]. Следует отметить, что в мицеллярных растворах двух

препаратов при одинаковых концентрациях численные значения поверхностного натяжения ниже, а пенные числа выше для препарата ПАВ ZETESOL ZN, что можно объяснить меньшим содержанием примесей в его составе (табл. 1).

Согласно требованиям, предъявляемым к гигиеническим моющим средствам [4], пенное число для шампуней должно быть не менее 100 мм и не менее 145 мм для других продуктов (гели для душа, пены для ванн и др.). Из рис. 1 следует, что необходимая пенообразующая способность достигается в растворах препаратов ZETESOL ZN и ZETESOL MG при концентрации ПАВ, превышающей 0,2 г/л ($\ln c = -1,6$).

Важным фактором для обеспечения моющего действия ГМС является устойчивость пен, т. е. способность сохранять во времени первоначальный объем. Количественно стабильность пены можно оценить параметром «устойчивость» ($У$, %), представляющим собой отношение высоты столба пены через 5 мин к начальной высоте. На рис. 3 представлена зависимость устойчивости пен от концентрации растворов ПАВ.

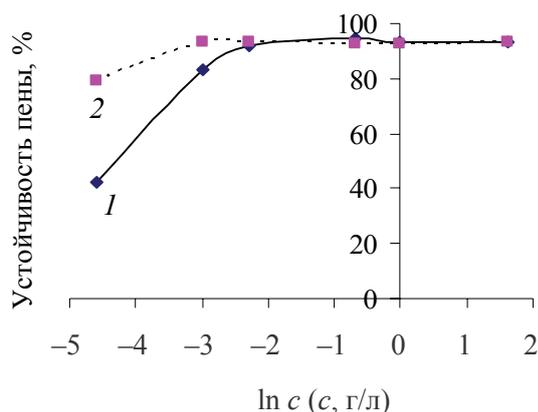


Рис. 3. Устойчивость пен от концентрации растворов ПАВ: 1 – ZETESOL MG; 2 – ZETESOL ZN

Исследования показали, что устойчивость пен, полученных из растворов препарата ZETESOL MG, с ростом концентрации от 0,01 до 0,10 г/л повышается в 2,2 раза, достигая значения 91,9%, в то время как стабильность пен, образованных в растворах препарата ZETESOL ZN, увеличивается в интервале концентраций 0,01–0,50 г/л от 79,5 до 93,1%.

Стабильность пен определяется структурой защитной оболочки вокруг пузырьков воздуха, сформированной из поверхностно-активных анионов. При этом реализуется электростатический фактор стабилизации (пузырьки воздуха приобретают отрицательный заряд в силу адсорбции лаурет сульфат ионов) и структурно-механический фактор

стабилизации (длинноцепочечные углеводородные радикалы ионов ПАВ переплетаются между собой, образуя сетчатые структуры). Попадание примесей (лаурет-3, феноксиэтанол) на границу раздела «раствор ПАВ – воздух» не способствует стабильности пены. Поэтому более высокую устойчивость имеют пены, полученные из растворов препарата на основе лаурет сульфата цинка.

Из рис. 3 также следует, что максимально устойчивые пены образуются при концентрациях растворов, не достигших ККМ: 0,05 г/л для препарата ZETESOL ZN и 0,1 г/л для ZETESOL MG. Выше указанных концентраций все пены являются высокостабильными, их устойчивость составляет 92–94%. Согласно требованиям, предъявляемым к ГМС [4], устойчивость пены должна быть не менее 80%, что осуществимо в растворах препарата ZETESOL ZN с концентрацией ПАВ более 0,02 г/л, а в растворах ZETESOL MG – более 0,04 г/л.

При использовании ГМС необходимо, чтобы пена не разрушалась на протяжении времени применения препарата. Особенно важен данный показатель для таких средств, как пена для ванн. В связи с этим была исследована кинетика разрушения пен. На рис. 4 представлены зависимости высоты столба пен, полученных из водных растворов исследуемых препаратов ПАВ с концентрациями 0,01–5,00 г/л, от времени их существования.

Как видно из представленных на рис. 4 данных, разрушение пен происходило в течение первых 3,5 мин их существования. В зависимости от концентрации ПАВ растворов препаратов группы ZETESOL уменьшение высоты столба пен в течение исследуемого временного интервала составило 6–10 мм. Относительная максимальная скорость разрушения пен зафиксирована в первые 30 с: с ростом концентрации ПАВ в растворе от 0,01 до 5,00 г/л она увеличивалась от 2,5–3,4 до 16–18 мм/мин. В интервале 0,5–3,5 мин скорость разрушения пен снижается, после 4,0 мин системы достигают равновесия, высота столба пены не изменяется, разрушение пен не происходит.

На основании исследований и анализа литературы разработан состав ГМС – пены для ванн, который включал следующие компоненты: анионный препарат ПАВ ZETESOL MG, неионогенный препарат ПАВ COMPERLAN KD, поливинилпирролидон, эфирное масло, поваренную соль, краситель, консервант и воду. В лабораторных условиях получен образец ГМС и определены его органолептические и физико-химические показатели. Они представлены в табл. 2 в сравнении с требованиями СТБ 1675-2006.

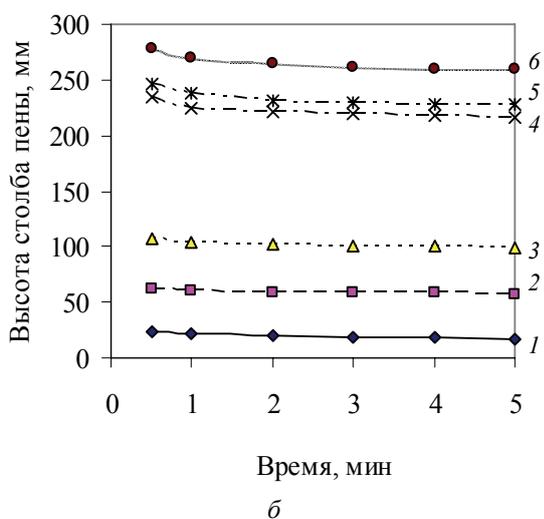
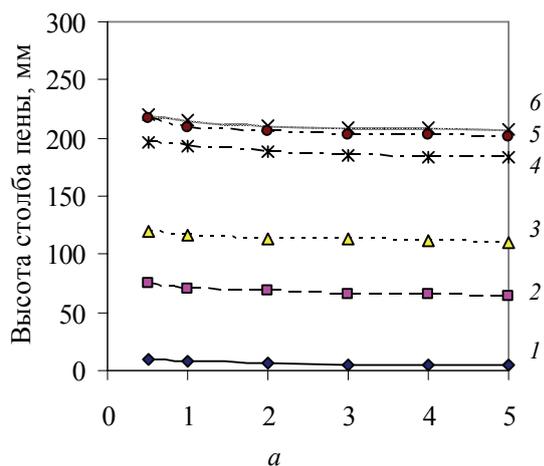


Рис. 4. Кинетика разрушения пен, полученных из растворов препаратов: а – ZETESOL MG; б – ZETESOL ZN.

Концентрация ПАВ в растворе, г/л:
1 – 0,01; 2 – 0,05; 3 – 0,1; 4 – 0,5; 5 – 1,0; 6 – 5,0

Таблица 2

**Показатели качества
косметического средства**

Наименование показателя	Значение показателя	
	образца	по СТБ 1675-2006
Цвет	Синий	Свойственный цвету конкретной продукции
Запах	Запах лаванды	Свойственный запаху конкретной продукции
Значение pH	7,44	5,0–8,5
ПЧ, мм	152	не менее 145
У, %	98	не менее 80

Заключение. Таким образом, изучено пенообразование в водных растворах препаратов ПАВ ZETESOL ZN и ZETESOL MG с концентрациями 0,01–5,00 г/л. Установлено, что необходимая пенообразующая способность (не менее 145 мм) достигается в растворах препаратов ZETESOL ZN и ZETESOL MG при концентрации ПАВ, превышающей 0,2 г/л; полученные при указанной концентрации пены являются высокоустойчивыми. Показана связь пенообразующей способности препаратов с их поверхностно-активными и коллоидно-химическими свойствами. На основании экспериментальных данных разработан состав гигиенического моющего средства, получен опытный образец пены для ванн, который проанализирован по основным органолептическим и физико-химическим показателям. Проведенный анализ показал его соответствие требованиям СТБ 1675-2006 «Изделия косметические гигиенические моющие. Общие технические условия».

Литература

1. Средства моющие синтетические. Метод определения пенообразующей способности: ГОСТ 22567.1–77. Введ. 01.07.1978. М.: Изд-во стандартов, 1986. 7 с.
2. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1975. 264 с.
3. Свойства водных растворов препаратов ПАВ группы ZETESOL / Г. Г. Эмелло [и др.] // Труды БГТУ. 2015. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 14–18.
4. Изделия косметические гигиенические моющие. Общие технические условия: СТБ 1675-2006. Введ. 23.07.2013. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2014. 12 с.

References

1. GOST 22567.1–77. The synthetic detergents. Method of determination of foam-forming ability. Moscow, Standartinform Publ., 1986. 7 p. (In Russian).
2. Tikhomirov V. K. *Peny. Teoriya i praktika ikh polucheniya i razrusheniya* [Foams. Theory and practice of their formation and decomposition]. Moscow, Khimiya Publ., 1975. 264 p.
3. Emello G. G., Bondarenko Zh. V., Gerasimovich V. A., Kharlan T. V. The properties of water solution of surfactant specimens of Zetesol group. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 14–18 (In Russian).
4. STB 1675–2006. The cosmetic hygienic washing products. General specifications. Minsk, State Committee on Standardization of Republic of Belarus Publ., 2014. 12 p. (In Russian).

Информация об авторах

Эмелло Галина Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физической и коллоидной химии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: galina-emello@rambler.ru

Бондаренко Жанна Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bondarenko_zhanna@belstu.by

Харлан Татьяна Владимировна – студентка. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

Information about the authors

Emello Galina Gennadi'yevna – PhD (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor, Department of Physical and Colloid Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: galina-emello@rambler.ru

Bondarenko Zhanna Vladimirovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor, Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bondarenko_zhanna@belstu.by

Kharlan Tatyana Vladimirovna – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Поступила 18.02.2016