

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА И МЕТАНОЛА

Г.Г. Лутфуллина, К.С. Гусева, П.В. Гришин, Р.И. Хайрутдинова

Гульназ Гусмановна Лутфуллина \*, Ксения Станиславовна Гусева, Разиля Ильдаровна Хайрутдинова  
Кафедра Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов,  
Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К.Маркса, 68, Казань,  
Российская Федерация, 420015  
E-mail: gulnaz777@bk.ru \*, kseniamanagerkazan@gmail.com, hrasilya@mail.ru

Павел Васильевич Гришин

Кафедра Химической технологии лаков, красок и лакокрасочных покрытий, Казанский национальный  
исследовательский технологический университет, ул. К.Маркса, 68, Казань, Российская Федерация,  
420015  
E-mail: PVGrishin@live.ru

*Получен продукт с использованием метилового спирта и жирных кислот пальмового масла. Изучены его строение и свойства с использованием современных приборов и методов, при этом данные ИК-спектроскопии подтвердили наличие в нем гидроксильных, сложноэфирных, карбоксильных и сульфогрупп. Результаты исследований показали, что синтезированное вещество обладает пенообразующим, моющим действием, имеет сравнительно низкую поверхностную энергию и относится к группе высокодисперсных и микродисперсных систем. Показано, что краевой угол смачивания водного раствора исследуемого поверхностно-активного вещества составляет менее 90 градусов и практически не зависит от природы смачиваемой поверхности (гидрофильной или гидрофобной). Установлено, что кратность пены и ее устойчивость высокие и находятся в прямой зависимости от концентрации вещества. Обнаружено, что по отношению к белковому составу моющая способность поверхностно-активного вещества выше (достигает 90 %), чем по отношению к пигментно-масляному загрязнению. Измерения поверхностного натяжения методом пластинки Вильгельми позволили оценить критическую концентрацию мицеллообразования (4,0 г/дм<sup>3</sup>), при которой достигается максимальное смачивание. Выявлено, что синтезированный продукт отличается низкой эмульгирующей способностью по отношению к моторному, индустриальному маслу и животному жиру. Наибольшая стабильность эмульсии наблюдается по отношению к индустриальному маслу (при концентрации синтезированного продукта 2,0 г/дм<sup>3</sup>). Стабильность эмульсии может быть увеличена путем составления композиций, включающих неионогенные поверхностно-активные вещества. Обнаружено, что исследуемое вещество характеризуется высокой агрегативной устойчивостью, так как полученные значения дзета-потенциала лежат в области  $> \pm 30$  мВ. Разработанный продукт относится к анионным поверхностно-активным веществам, рН водного раствора 7-8, хорошо растворяется в воде. По результатам расчета гидрофильно-липофильного баланса синтезированное поверхностно-активное вещество относится к моющим средствам.*

**Ключевые слова:** Поверхностно-активные вещества, пальмовое масло, свойства, поверхностное натяжение, применение, композиции, строение

## SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES OF SURFACTANTS BASED ON FAT ACIDS OF PALM OIL AND METHANOL

G.G. Lutfullina, K.S. Guseva, P.B. Grishin, R.I. Khairutdinova

Gulnaz G. Lutfullina\*, Ksenia S. Guseva, Razikya K. Khairutdinova

Department of Plasma-Chemical and Nano Technologies of High-Molecular Materials, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia  
E-mail: gulnaz777@bk.ru\*, kseniamanagerkazan@gmail.com, hrasilya@mail.ru

Pavel V. Grishin

Department of Chemical Technology of Varnishes and Paint Coatings, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia  
E-mail: PVGrishin@live.ru

*A new product was obtained with the use of methyl alcohol and fatty acids of palm oil. The series of experiments were performed to reveal its composition and properties with the use of modern devices and methods. The results of IR-spectroscopy have approved the presence of specific functional groups: hydroxylic, ester, carboxylic and sulfonate ones. The results of studies have shown that the synthesized substance possesses the surfactant properties: wetting, foaming, detergent; and it has a relatively low surface energy. It belongs to the group of high-despersivity and mono-dispersivity systems and takes an intermediate position between micro- and nano-particles. It was shown, that the contact angle of the water solution of the surfactant under study equals to at least 90 degrees and practically does not depend on the nature of wetted surface (either hydrophylic or hydrofobic). It was founded that the foam expansion ratio and its stability are high and lay in direct relation with the substance concentration. It was found that relating to the protein composition, the detergent power of the surfactant is higher (up to 90 %) than regarding to pigment-and-oil contamination. Measuring the values of surface tension by Willhelm plate-bearing method allowed defining the critical concentration of micelle formation of 4.0 g/dm<sup>3</sup>, at which the maximum wetting is achieved. It was found that the synthesized product have a low emulsifying power towards the motor, machine oil and animal fat. Besides, the highest stability of emulsion was observed towards the machine oil (at concentration of synthesized product of 2.0 g/dm<sup>3</sup>). The emulsion stability can be increased by making compositions including the non-ionogenic surfactants. Moreover, it was found that the product under study is characterized by the high aggregative stability, since the achieved values of zeta-potential are in the range of 30 mB <  $\zeta$  < -30 mB. The developed product belongs to the anionic surfactants, with pH of water solution of 7-8. It has a good water solubility. According to results of the hydrophylic-and-lipophilic balance, the synthesized surfactant belongs to detergents.*

**Keywords:** surfactants, palm oil, properties, surface tension, application, composition, structure

### Для цитирования:

Лутфуллина Г.Г., Гусева К.С., Гришин П.В., Хайрутдинова Р.И. Синтез и исследование свойств поверхностно-активных веществ на основе жирных кислот пальмового масла и метанола. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 6. С. 88–95

### For citation:

Lutfullina G.G., Guseva K.S., Grishin P.B., Khairutdinova R.I. Synthesis and study of properties of surfactants based on fat acids of palm oil and methanol. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 6. P. 88–95

## ВВЕДЕНИЕ

Различными отраслями промышленности изготавливается широкий ассортимент поверхностно-активных веществ (ПАВ) – мощных препаратов, ста-

билизаторов, выравнивателей, эмульгаторов, антистатиков, смачивателей и т.д. [1-16]. Действие ПАВ является результатом сложных коллоидно-химических и физических процессов. В настоящее время синтезом новых соединений, обладающих поверхностной активностью, занимается огромное

число химиков [4-16]. Основную часть ПАВ получают из нефтехимического сырья, однако в настоящее время нестабильность на нефтяном рынке, экономические и экологические факторы заставляют задуматься об использовании воспроизводимого природного сырья.

Целью данной работы является получение и исследование свойств анионоактивного ПАВ (АПАВ) на основе жирных кислот пальмового масла (ЖКПМ) и метанола.

#### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Состав ЖКПМ установлен хроматографическим методом (табл. 1). Использовали аналитический газовый хроматограф (Цвет 800) с детектором по теплопроводности и программированием температуры (температура термостата детектора  $\geq 300$  °С), газохроматографическая колонка из нержавеющей стали длиной 2 м и внутренним диаметром 3 мм. Идентификацию пиков метиленовых эфиров проводили по ГОСТ 25219-87 «Кислоты жирные синтетические. Методы определения фракционного состава газовой хроматографией».

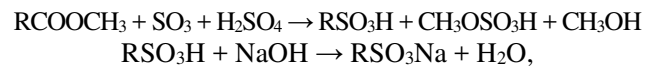
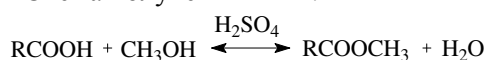
Таблица 1

Результаты хроматографического анализа ЖКПМ  
Table 1. Results of chromatographic analysis of ICPM

Кислота	Содержание, %
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	0,1
$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	1,3
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	46,6
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	0,7
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	2,7
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	38,0
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	10,2
$\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}_2$	0,4

Для получения метилового эфира сульфата натрия из пальмового масла (МЭСНПМ) сначала проводили перегонку ЖКПМ при участии метилового спирта и концентрированной серной кислоты. Контроль реакции осуществляли по объему выделившейся воды в ловушке. Синтезированный продукт переливали в трехгорлую колбу и помещали в водяную баню при температуре 60-70 °С на 2-3 ч, после чего определяли степень этерификации. Сульфирование эфира проводили при пониженных температурах. Реакция протекала в присутствии олеума (взят в избытке 30%). Определяли степень сульфирования полученного раствора и приступали к омылению.

Схема получения ПАВ:



где R –  $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$  и другие вышеперечисленные кислоты.

Применение для синтеза метилового эфира сульфата натрия, метанола и ЖКПМ позволяет расширить ассортимент известных АПАВ.

Следующим этапом работы было исследование физико-химических и коллоидно-химических свойств водных растворов синтезированного продукта (поверхностное натяжение, смачивающая, пенообразующая, эмульгирующая и моющая способности, размер частиц ПАВ, расчет гидрофильно-липофильного баланса и определение  $\zeta$ -потенциала). В качестве контрольного состава применяли широко известный АПАВ – алкилсульфонат натрия.

Поверхностное натяжение и смачивающую способность определяли методом пластинки Вильгельми на тензиометре DataPhysics DCAT 21. Поверхностное натяжение рассчитывали на основании измеряемой силы (F), длины смачиваемой поверхности (L) и краевого угла смачивания ( $\theta$ ). Для оценки смачивающей способности синтезированного продукта исследовали гладкие поверхности, на которых непрерывное уменьшение ( $\theta$ ) наблюдается на всем пути, а именно желатин (гидрофильная) и парафин (гидрофобная).

При изучении пенообразующей способности учитывали кратность пены, ее стабильность и органолептическую оценку дисперсности пены, образуемой водными растворами МЭСНПМ (по ГОСТ 22567.1-77). Концентрации растворов варьировали в диапазоне 0,5-5,0 г/дм<sup>3</sup>.

Кратность пены рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{V_f}{V_1}, \text{ ед.} \quad (1)$$

где  $V_f$  – объем пены, м<sup>3</sup>,  $V_1$  – объем раствора пенообразователя, м<sup>3</sup>.

Обязательным условием использования ПАВ в качестве моющих средств является наличие свойств, предотвращающих повторное прилипание частиц загрязнений к обрабатываемой поверхности. Это достигается благодаря образованию адсорбционных пленок на поверхности частиц загрязнений, придающих им высокую агрегативную устойчивость. Эти свойства ПАВ определяются стойкостью образовавшейся эмульсии и возможностью удерживания капелек жира и загрязнений в эмульгированном состоянии.

Для определения эмульгирующей способности к водным растворам ПАВ добавляли моторное масло (ГОСТ 17479.1-85), животный жир (ГОСТ 1045-73) и индустриальное масло (ГОСТ

20799-88). Эмульсии получали путем дробления грубодисперсной системы, представляющий собой два несмешивающихся жидких слоя. Стабильность эмульсий определяли следующим образом: к 25 см<sup>3</sup> масла приливали расчетное количество ПАВ и 25 см<sup>3</sup> воды и в течение 1 мин подвергали механическому воздействию на микроизмельчителе РТ-2, время вращения мешалки – 1 мин при интенсивности 5000 мин<sup>-1</sup>. По окончании встряхивания фиксировали время, в течение которого эмульсия расслоится на гидрофобную и гидрофильную фазы, отмечали время начала отслоения фаз. Если эмульсия расслаивалась в течение 2 ч, она считалась неустойчивой (ГОСТ 22567.1-77).

Моющее действие АПАВ оценивали непосредственно при стирке искусственно загрязненной шерстяной и хлопчатобумажной (х/б) белой ткани. В качестве загрязняющих веществ испытаны: пигментно-масляная смесь и белковый состав. Определение моющей способности проводили в соответствии с ГОСТ 22567.15-95. Условия стирки были следующими: концентрация моющего средства 4-8 г/дм<sup>3</sup>, продолжительность 20 мин, температура 40 °С. В качестве состава сравнения использовали эффективное ПАВ «Ника-3». Измеряли коэффициенты отражения каждого образца до и после стирки. Для этого использовали спектрофотометр X-Rite Color Digital Swatchbook®.

Известно, что от степени дисперсности (размера частиц) зависят многие показатели ПАВ, в том числе внешний вид водной эмульсии. Проведены серии экспериментов по определению среднего размера частиц исследуемого МЭСНПМ. Для этого использовался прибор 90Plus/BI-MAS. В работе применяли метод динамического рассеяния света. Принцип основан на измерении и анализе флуктуаций в разные моменты времени интенсивности рассеянного света в объеме, содержащем частицы в растворителе.

Степень адсорбции ПАВ на поверхности зависит от строения их молекул. Количественной характеристикой является соотношение между гидрофильной и гидрофобной частями – гидрофильно – липофильный баланс (ГЛБ) [4]. По формуле синтезированных ПАВ и данным ИК-спектроскопии выделяют гидрофильные и гидрофобные группы. Для расчета ГЛБ разработан метод, по которому групповое значение ГЛБ присваивается каждой функциональной группе молекулы в соответствии со скоростью коалесценции капель масла в воде и капель воды в масле [4].

Используя групповое значение, рассчитывали ГЛБ для синтезированного ПАВ по формуле:

$$\text{ГЛБ} = \sum(\text{значение гидрофильных групп}) - \sum(\text{значение гидрофобных групп}) + 7 \quad (2)$$

Сохранение размера (устойчивость к агрегации) является важным показателем химического материала, в частности ПАВ. Агрегативная устойчивость дисперсных систем находится в зависимости от электрического заряда дисперсных частиц, который влияет на свойства поверхностей раздела фаз. Измерения ζ-потенциала проводили на приборе 90Plus/BI-MAS.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Получен метиловый эфир сульфоната натрия из пальмового масла – МЭСНПМ. Кислотное число полученного продукта составляет 7,2 мг КОН/г. Продукт синтеза при комнатной температуре представляет собой застывшую массу молочно-белого цвета. Вещество растворимо в ароматических углеводородах (ксилол), биполярном диметилформамиде, изопропиловом, этиловом спирте; не растворяется в уайт-спирите и слабо растворимо в ацетоне.

Данные ИК-спектроскопии подтвердили наличие в нем гидроксильных, сложноэфирных, карбоксильных и сульфогрупп [19].

Как известно [20], классическая теория явлений на границе жидкости и твердого тела базируется на значении двух основополагающих характеристик: поверхностного натяжения и краевого угла смачивания жидкостью твердого тела. Полученные данные согласуются с теорией о зависимости поверхностного натяжения растворов АПАВ от их концентрации (рис. 1).

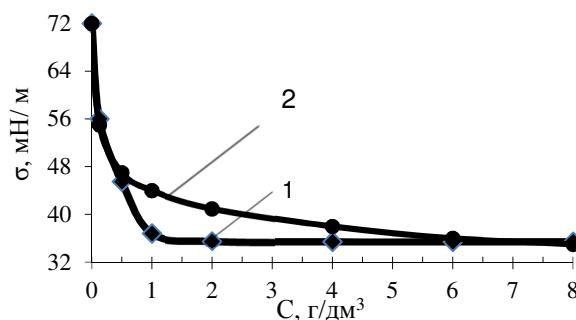


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения ПАВ 1 – Mizulan FL-80; 2 – алкилсульфонат натрия  
Fig. 1. Isotherms of surfactant's surface tension 1 – Mizulan FL-80; 2 – sodium alkylsulfonate

Исследуемый МЭСНПМ обладает сравнительно низким поверхностным натяжением (при концентрации 1 г/дм<sup>3</sup> σ = 36,4 мН/м). Повышение температуры растворов не оказывает существенного влияния на исследуемый показатель: σ при концен-

трации  $1,0 \text{ г/дм}^3$  составило от 33,9 до 36,4 мН/м. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) исследуемого продукта на основе ЖКПМ и метанола оценивается  $4,0\text{-}4,2 \text{ /дм}^3$ .

Полученные значения, описывающие зависимость краевого угла смачивания от концентрации исследуемых растворов, представлены изотермами смачивания (рис. 2). Характер смачивания соответствует изменению поверхностного натяжения исследуемых веществ. Максимальное смачивание достигается в области ККМ анализируемых веществ вне зависимости от природы поверхности. Итоги изучения смачивающей способности ПАВ согласуются с результатами определения ККМ; по-

сле ККМ не изменяется ни поверхностное натяжение, ни угол смачивания. На гидрофобной поверхности образуется один монослой ПАВ, поэтому поверхность гидрофилизуется.

Максимальная кратность пены достигается при встряхивании растворов с концентрацией  $5,0 \text{ г/дм}^3$ ; минимальная – с концентрацией  $0,5 \text{ г/дм}^3$ . Для исследуемых объектов возрастание кратности пен пропорционально увеличению концентрации пенообразователя в растворе. Обнаружено, что в верхнем слое пена более грубодисперсная, однако устойчивость ее все же относительно высока: в течение 10 мин объем пены не уменьшается.

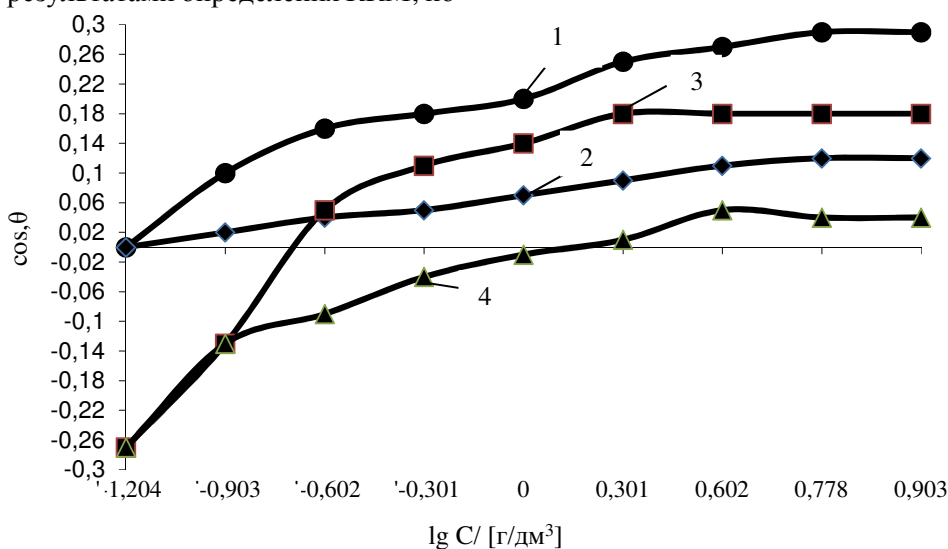


Рис. 2. Изотермы смачивания гидрофильной и гидрофобной поверхности: 1 - МЭСНПМ (гидрофильная поверхность); 2 - алкилсульфонат натрия (гидрофильная поверхность); 3 - МЭСНПМ (гидрофобная поверхность); 4 - алкилсульфонат натрия (гидрофобная поверхность)

Fig. 2. Isotherms of wetting of hydrophilic and hydrophobic surface: 1 - MESNPM (hydrophilic surface); 2 - sodium alkylsulfonate (hydrophilic surface); 3 - MESNPM (hydrophobic surface); 4 - sodium alkylsulfonate (hydrophobic surface)

Определение эмульгирующих свойств показало, что растворы исследуемых веществ образуют стабильные эмульсии с животным жиром при концентрации  $3,0 \text{ г/дм}^3$ . Устойчивость эмульсии повышается при дальнейшем увеличении концентрации растворов. При использовании моторного масла эмульсия стабилизировалась также при концентрации  $3,0 \text{ г/дм}^3$ . Лучшие результаты по стабильности эмульсии исследуемого АПАВ получены с участием индустриального масла: уже при концентрации  $2,0 \text{ г/дм}^3$  она не расслаивалась в течение 26 мин. По сравнению с применяемыми в настоящее время АПАВ, ПАВ на основе жирных кислот пальмового масла и метилового спирта отличается сравнительно низкой эмульгирующей способностью. Стабильность эмульсии может быть достигнута составлением композиций, включающих неионогенные ПАВ (НПАВ).

Обработка результатов моющих свойств ПАВ показала, что моющая способность испытуемого ПАВ по отношению к пигментно-масляному загрязнению лежит в пределах 50-51 (для х/б ткани) и 57-58% (для шерстяной ткани). При использовании в качестве загрязнителя белкового состава моющая способность существенно выше: 87-88 (для х/б ткани) и 90-91% (для шерстяной ткани). Эти результаты отвечают концентрации испытуемого ПАВ  $4 \text{ г/дм}^3$ .

Выявлено, что исследуемые АПАВ относятся к группе высокодисперсных систем с размером частиц  $d = 10 \text{ нм} - 1 \text{ мкм}$ . При концентрации МЭСНПМ  $2 \text{ г/дм}^3$  средний размер частиц составляет 193 нм. Выше ККМ ( $5 \text{ г/дм}^3$ ) размеры частиц МЭСНПМ составляют 243 нм (рис. 3). Полученные данные позволяют предположить, что МЭСНПМ занимает промежуточное положение между нано-

и микрочастицами. В отличие от грубодисперсных, высокодисперсные частицы характеризуются высокими показателями поверхностной активности (способностью снижать поверхностное натяжения и краевой угол смачивания), а также требуемыми мощными свойствами.

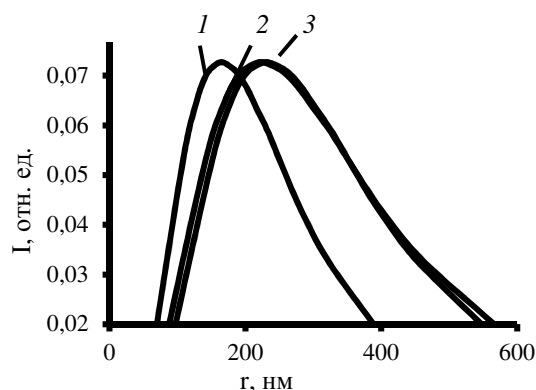


Рис. 3. Зависимость интенсивности рассеянного света от гидродинамического радиуса частиц МЭСНПМ: 1- при концентрации 0,2 % - до ККМ; 2- при концентрации 0,4 % - ККМ; 3- при концентрации 0,5 % после ККМ  
 Fig. 3. The dependence of the scattered light intensity on the hydrodynamic radius of МЭСНПМ particles: 1- at concentration of 0.2 % - before KKM; 2- at concentration of 0.4 % - KKM; 3- at concentration of 0.5 % after KKM

Согласно классификации по фракционному составу частиц дисперсной фазы [20], исследуемый АПАВ относится к группе монодисперсных систем, для которых размер частиц приблизительно одинаков. Высокая монодисперсность частиц доказывает технологичность получения ПАВ.

Расчетное значение ГЛБ для исследуемого АПАВ, составило 13,33, что позволяет отнести его к мощным средствам.

Графики зависимостей значений  $\zeta$ -потенциала от концентрации ПАВ представлены на рис. 5. Как видно из рис. 5,  $\zeta$ -потенциал при уменьшении концентрации ПАВ возрастает, так как толщина двойного электрического слоя увеличивается в результате снижения концентрации противоионов в растворе. Известно, что общим правилом обеспечения стабильности частиц в составах является необходимость соблюдения условия: значения  $\zeta$ -потенциала должны быть  $> \pm 30$  мВ. Этим требованиям соответствуют испытуемый и контрольный ПАВ. Устойчивость растворов МЭСНПМ к процессу коагуляции повышается, начиная с концентрации 0,25% (рис. 4). До указанной концентрации наблюдается метастабильное состояние; значение  $\zeta$ -потенциала ниже  $\pm 10$  мВ не зарегистрировано. Таким

образом, частицы исследуемого ПАВ не подвержены быстрой флокуляции; алкилсульфонат натрия обладает высокой стабильностью системы во всем диапазоне концентраций (рис. 4).

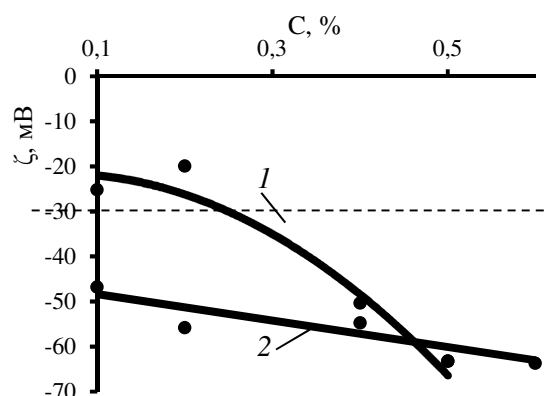


Рис. 4. Зависимость  $\zeta$ -потенциала от интенсивности сигнала: 1 – МЭСНПМ; 2 – алкилсульфонат натрия  
 Fig. 4. The dependence of  $\zeta$ -potential on the signal intensity: 1 – МЭСНПМ; 2 – sodium alkylsulfonate

Таблица 2

**Физико-химические и коллоидно-химические свойства разработанного ПАВ**  
**Table 2. Physical-chemical and colloid-chemical properties of a surfactant under study**

Показатель	Характеристика (значение)
Внешний вид водного раствора концентрации 10 г/дм <sup>3</sup>	Мутная жидкость белого цвета
Массовая доля основного вещества, %	70%
ККМ, г/дм <sup>3</sup>	4,0
ГЛБ	13,33
Кратность пены при концентрации 1 г/дм <sup>3</sup>	1,857
Поверхностное натяжение водного раствора 1,0 г/дм <sup>3</sup> , $\sigma$ , мН/м	35,8
Поверхностное натяжение водного раствора 8,0 г/дм <sup>3</sup> , $\sigma$ , мН/м	35,4
Краевой угол смачивания водного раствора концентрацией 1 г/дм <sup>3</sup> : на гидрофильной поверхности на гидрофобной поверхности	80,4 81,9
рН водного раствора	7-8
Размер частиц ПАВ: до ККМ, нм после ККМ, нм	192,9-193,1 242,6-242,9
$\zeta$ -потенциал, мВ	в диапазоне $30 < \zeta < -30$
Устойчивость эмульсии (2,0-5,0 г/дм <sup>3</sup> ) в течение 30 минут (эмульгирующая способность)	Устойчива
Моющая способность (при 4,0 г/дм <sup>3</sup> ): по отношению к пигментно-масляному загрязнению по отношению к белковому составу	50-60% 80-90%

Результаты измерения  $\zeta$ -потенциала позволили установить, что исследуемый ПАВ МЭСНПМ обладает высокой агрегативной устойчивостью, начиная с концентрации 0,25% и до ККМ (0,4%).

Таким образом, нами синтезирован новый отечественный продукт на основе метанола и жирных кислот пальмового масла. Изучены его строе-

ние и свойства. Обнаружено, что полученное вещество обладает высокими показателями смачивающих, пенообразующих свойств, моющих свойств, а также агрегативной устойчивостью. Установлено, что для повышения эмульгирующих свойств разработанного АПАВ необходимо составление композиций, включающих НПАВ.

## ЛИТЕРАТУРА

## REFERENCES

1. Лутфуллина Г.Г., Абдуллин И.Ш., Зобов В.В., Вагапов Б.Р. Исследование свойств моющего препарата на основе ПАВ различной природы. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2012. Т. 55. Вып. 9. С. 103-106.
2. Лутфуллина Г.Г., Абдуллин И.Ш. Аминосодержащие ПАВ в энергоресурсосберегающих технологиях получения кожевенного и мехового полуфабриката. Казань: КНИТУ. 2016. С. 368.
3. Lutfullina G.G., Abdullin I. Sh., Bujanova A.G. Study of Surface Active Characteristics of Developed Detergent for Fur Treatment Tenside, Surfactans, Detergents. 2013. N 2. P. 90-92.
4. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. СПб.: Профессия. 2004. С. 240.
5. Плетнев М.Ю., Колесникова Е.Н., Глухарева Н.А., Козырева Ю.Н. Поверхностно-активные вещества: справочник. М.: ООО «Фирма Кламель». 2002. С. 786.
6. Лутфуллина Г.Г., Островская А.В., Абдуллин И.Ш., Васильев В.А. Патент РФ №2195499. 2002.
7. Лутфуллина Г.Г., Абдуллин И.Ш., Хайдарова Л.М. Патент РФ №2459873. 2012.
8. Лутфуллина Г.Г., Сысоев В.А., Абдуллин И.Ш. Технология меха: специальные главы. М.: ООО «Издательство Юрайт». 2017. С. 177.
9. Лутфуллина Г.Г., Гусева К.С., Хайрутдинова Р.И. Подготовительные процессы производства шубной овчины с участием композиций ПАВ. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2016. Т. 19. № 17. С. 148-150.
10. Лутфуллина Г.Г., Гусева К.С., Мартынова К.Е. Исследование строения и свойств метилового эфира сульфоната натрия, из пальмового масла. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2014. № 22. С. 73-74.
11. Лутфуллина Г.Г. Новое в обработке шкурок кролика. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2012. № 13. С. 75-77.
12. Лутфуллина Г.Г., Ахметова Д.И., Абдуллин И.Ш. Синтез и изучение поверхностно-активных свойств ПАВ на основе жирных кислот таллового масла. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2011. № 11. С. 111-113.
13. Лутфуллина Г.Г. Исследования характеристик свойств синтезированных диэтаноламидов. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2011. № 6. С. 44-47.
14. Лутфуллина Г.Г., Зиннатуллина З.А., Булыгина К.А. О влиянии разработанных обезжиривающих композиций на подготовительные процессы производства меховой овчины. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2017. Т. 20. № 4. С. 74-76.
15. Лутфуллина Г.Г., Хазимуратов Р.Р. О влиянии анионоактивного ПАВ из растительного сырья на процесс отмоки шкурок кролика. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2016. № 7. С. 81-82.
16. Лутфуллина Г.Г., Ахвердиев Р.Ф., Абдуллин И.Ш., Хайдарова Л.М. Разработка и оптимизация моющего состава для обработки овчины. *Иzv. вузов. Технология легкой пром-ти*. 2011. № 1. С. 30-32.
1. Lutfullina G.G., Abdullin I.Sh., Zobov V.V., Vagapov B.R. Research of the properties of the detergent preparation on the basis of surface active substances of various nature. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2012. V. 55. N 9. P. 103-106 (in Russian).
2. Lutfullina G.G., Abdullin I.Sh. Amine containing surfactants in energy and resource saving technologies of production of tannery and fur semi-finished products. Kazan: KNITU. 2016. P. 368. (in Russian).
3. Lutfullina G.G., Abdullin I. Sh., Bujanova A.G. Study of Surface Active Characteristics of Developed Detergent for Fur Treatment Tenside, Surfactans, Detergents. 2013. N 2. P. 90-92.
4. Lange K.R. Surfactants: synthesis, properties, analysis, application. SPb.: Professiya. 2004. P. 240. (in Russian)
5. Pletnev M.Yu., Kolesnikova E.N., Glukhareva N.A., Kozyrev Yu.N. Surfactant: Handbook. M.: LLC "Firma Klavel". 2002. P. 786. (in Russian)
6. Lutfullina G.G., Ostrovskaya A.V., Abdullin I.Sh., Vasilyev V.A. RF Patent N 2195499.2002. (in Russian)
7. Lutfullina G.G., Abdullin I.Sh., Khaydarova L.M. RF Patent N 2459873. 2012. (in Russian)
8. Lutfullina G.G., Sysoev V.A., Abdullin I.Sh. Technology of fur: special chapters. M.: ООО "Publishing House Yurayt". 2017. P. 177. (in Russian)
9. Lutfullina G.G., Guseva K.S., Khayrutdinova R.I. Preparatory processes for the production of fur coats with the participation of surfactant compositions. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2016. V. 19. N 17. P. 148-150 (in Russian).
10. Lutfullina G.G., Guseva K.S., Martynova K.E. Investigation of the structure and properties of the methyl ester of sodium sulfonate from palm oil. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2014. N 22. P. 73-74 (in Russian).
11. Lutfullina G.G. New in the treatment of rabbit skins. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2012. N 13. P. 75-77 (in Russian).
12. Lutfullina G.G., Akhmetova D.I., Abdullin I.Sh. Synthesis and study of surfactant properties of surfactants based on fatty acids of tall oil. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2011. N 11. P. 111-113 (in Russian).
13. Lutfullina G.G. Studies of the characteristics of the properties of synthesized diethanolamides. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2011. N 6. P. 44-47 (in Russian).
14. Lutfullina G.G., Zinaatullina Z.A., Bulygina K.A. On effect of developed degreasing compositions on preparatory processes for the production of fur sheepskin. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2017. V. 20. N 4. P. 74-76 (in Russian).
15. Lutfullina G.G., Khazimuratov R.R. On the influence of anionic surfactant from plant material on the process of soaking rabbit skins. *Vest. Kazan. Tekhnol. Universiteta*. 2016. N 7. P. 81-82 (in Russian).

17. **Файнгольд С., Кууск А., Кийк Х.** Химия анионных и амфолитных азотсодержащих поверхностно-активных веществ. Таллин: Валгус. 1984. С. 156.
18. **Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н.** Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств: учеб. пособие. Иваново: ИГХУ. 2007. С. 116.
19. **Сильверстейн Р., Басслер Г., Т. Моррил Т.** Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир. 1977. С. 592.
20. **Сумм Б.Д.** Основы коллоидной химии. М.: Изд. центр «Академия». 2009. С. 240.
16. **Lutfullina G.G., Akhverdiev R.F., Abdullin I.Sh., Khaiydarova L.M.** Development and optimization of detergent composition for sheepskin processing. *Izv. universities. Tekhnologiya Legkoiy Promysh.* 2011. N 1. P. 30-32 (in Russian).
17. **Faiyngold S., Kuusk A., Kiyk H.** Chemistry of anionic and amphoteric nitrogen-containing surfaces. Tallin: Valgus. 1984. P. 156. (in Russian).
18. **Nikolaev P.V., Kozlov N.A., Petrova S.N.** Bases of chemistry and manufacturing process of synthetic detergents. Ivanovo: ISUCT. 2007. P. 116. (in Russian).
19. **Silverstein R., Bassler G., Morrill T.** Spectrometric identification of organic compositions. M.: Mir. 1977. P. 592. (in Russian).
20. **Summ B.D.** Foundations of colloid chemistry. M.: Publishing house center "Academy". 2009. P. 240. (in Russian).

*Поступила в редакцию 09.11.2017  
Принята к опубликованию 27.04.2018*

*Received 09.11.2017  
Accepted 27.04.2018*