

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕИОНОГЕННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ КУКУРУЗНОГО МАСЛА И ДИЭТАНОЛАМИНА

Г.Г. Лутфуллина, А.А. Фатхутдинова

Гульназ Гусмановна Лутфуллина (ORCID 0000-0002-6309-4740)*, Альмира Альбертовна Фатхутдинова (ORCID 0000-0002-0033-0590)

Кафедра Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, Казань, Российская Федерация, 420015

E-mail: gulnaz777@bk.ru*, almirafathutdinova@yandex.ru

Получен продукт на основе жирных кислот кукурузного масла и диэтанолamina. Изучено его строение, оценены коллоидно-химические и физико-химические свойства с применением современных методов и приборов. Исследование строения методом ИК-спектроскопии показало присутствие характерных функциональных групп: карбоксильных, гидроксильных и сложноэфирных. Результаты экспериментов показали, что полученный продукт обладает поверхностной активностью и эмульгирующей способностью, относится к группе высокодисперсных и монодисперсных систем. Размеры частиц до достижения критической концентрации мицеллообразования составляет 154,5 нм, в точке ККМ – 294,7 нм, а после – 346,5 нм. По результатам измерений поверхностного натяжения методом Дю-Нуи проведена оценка критической концентрации мицеллообразования (0,25-0,5 г/дм³), при которой наблюдается максимальное смачивание. Показано положительное влияние водного раствора вещества на смачивание гидрофильной (желатиновой) поверхности (угол смачивания менее 90°). Выявлено, что синтезированный диэтанолamid характеризуется высокой устойчивостью к агрегации, так как полученные значения дзета-потенциала ниже ± 10 мВ не зарегистрированы. Обнаружено, что синтезированный продукт обладает эмульгирующей способностью по отношению к индустриальному маслу, при этом наибольшая стабильность эмульсии наблюдается при концентрации продукта 2,0 г/дм³ при температуре 20-22 °С и при температуре 40-42 °С. Разработанное вещество относится к неионогенным поверхностно-активным веществам, рН водного раствора 6-7, хорошо растворяется в различных органических растворителях (толуоле, гексане, ксилоле, диметилформамиде, ацетоне, уайт-спирите, этиловом и изопропиловом спиртах), малорастворимо в воде. По расчетам гидрофильно-липофильного баланса вещество относится к эмульгаторам «масло в воде».

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, кукурузное масло, строение, свойства, поверхностное натяжение, краевой угол смачивания, применение

SYNTHESIS AND STUDY OF THE PROPERTIES OF A NONIONOGENIC SURFACTANT BASED ON FATTY ACIDS OF CORN OIL AND DIETHANOLAMINE

G.G. Lutfullina, A.A. Fatkhutdinova

Gulnaz G. Lutfullina (ORCID 0000-0002-6309-4740)*, Almira A. Fatkhutdinova (ORCID 0000-0002-0033-0590)

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*, almirafathutdinova@yandex.ru

A new product has been obtained with the use of diethanolamine and corn oil fatty acids. The series of experiments have been performed to learn its composition, physico-chemical and colloid-chemical properties with the use of modern devices and methods. The results of IR-spectroscopy have approved the presence of specific functional groups: carboxylic, hydroxilic, and ester

groups. The results of the experiments have shown that the synthesized substance possesses the surfactant properties and emulsifying ability, belongs to the group of high-dispersity and mono-dispersity systems. The particle size before reaching the critical point of micelle formation is 154.5 nm, at the CMC point - 294.7 nm, and after - 346.5 nm. Measuring the values of surface tension by the Du Nouy method allowed defining the critical concentration of micelle formation (0.25-0.5 g/dm³), at which the maximum wetting is achieved. It was shown that the contact angle of wetting of the water solution of a substance is less than 90° on a hydrophilic (gelatinous) surface. It was found that the synthesized diethanolamide is characterized by high resistance to aggregation, since the obtained values of the zeta potential below ± 10 mV were not observed. It was established that the synthesized product has an emulsifying ability in comparison with industrial oil. Besides, the highest stability of the emulsion is observed at a product concentration of 2.0 g/dm³. The developed substance belongs to non-ionic surfactants, the pH of the water solution is 6-7, it dissolves well in various organic solvents (toluene, hexane, xylene, dimethylformamide, acetone, white spirit, ethyl and isopropyl alcohols), and is slightly soluble in water. According to the calculations of the hydrophilic-lipophilic balance, it belongs to the oil-in-water emulsifiers.

Key words: surfactants, corn oil, structure, properties, surface tension, contact angle, application

Для цитирования:

Лутфуллина Г.Г., Фатхутдинова А.А. Синтез и исследование свойств неионогенного поверхностно-активного вещества на основе жирных кислот кукурузного масла и диэтаноламина. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 11. С. 20–26. DOI: 10.6060/ivkkt.20226511.6640.

For citation:

Lutfullina G.G., Fatkhutdinova A.A. Synthesis and study of the properties of a nonionogenic surfactant based on fatty acids of corn oil and diethanolamine. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 11. P. 20–26. DOI: 10.6060/ivkkt.20226511.6640.

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – огромный класс химических соединений, которые используются практически во всех сферах жизнедеятельности человека. Ассортимент ПАВ и их применение многообразны: моющие и чистящие средства, стабилизаторы, эмульгаторы, смачиватели, антистатика, диспергаторы и т.д. [1-15].

С каждым годом растет интерес к производству ПАВ из природного сырья несмотря на то, что преобладающим исходным сырьем на сегодняшний день остается нефтехимическое сырье [5-14]. Достаточно активно развивается «зеленая» тенденция применения воспроизводимого экологического сырья во всех отраслях промышленности, в том числе и в производстве ПАВ.

Целью данной работы является синтез неионогенного ПАВ (нПАВ), полученного из жирных кислот кукурузного масла (ЖККМ) и диэтаноламина (ДЭА), а также изучение его свойств и строения.

Кукурузное масло обладает рядом полезных свойств для организма и кожи человека, поэтому широко применяется в косметологии и в пищевой промышленности. Масло содержит в себе до 85% непредельных ненасыщенных жирных кислот – олеиновой, линолевой; 15% насыщенных – пальмитиновой и стеариновой.

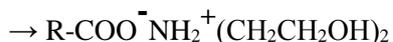
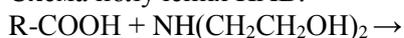
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для синтеза диэтаноламида на жирных кислотах кукурузного масла (ЖККМ) – ДЭА на основе ЖККМ сначала в процессе гидролиза из исходного кукурузного масла выделяли жирные кислоты с последующей очисткой дистилляцией. Методика проведения процесса: в пробирку помещают 20 г масла и 60 мл 15%-ного раствора NaOH. Смесь нагревают на водяной бане в течение 1 ч при температуре 60 °С при постоянном перемешивании, пока жидкость не станет однородной. Затем добавляют избыток H₂SO₄ в течение 1 ч при температуре 80-90 °С. В результате образуется два слоя. Верхний слой отделяют и промывают водой при температуре 50-60 °С. Полученные ЖККМ используют для синтеза нПАВ.

Полученные кислоты массой 30 г переливают в круглодонную трехгорлую колбу, оснащенную мешалкой, термометром, насадкой Дина-Старка и обратным холодильником и помещают в воздушную баню в диапазоне температур 165-170 °С. После понижения температуры процесса до 155 °С дозируют 11 г ДЭА при мольном соотношении реагентов ЖККМ: ДЭА 1:(1,1:1,3) соответственно. Реакция конденсации протекает при непрерывном перемешивании в отрезке температур 165-170 °С до достижения постоянного значения кислотного

числа (К.Ч.) (5,0 мгКОН/г). Количество выделившейся воды в ловушке Дина-Старка – 2 см³. Длительность синтеза нПАВ составила 5 ч 30 мин.

Схема получения ПАВ:



где R – остаток жирной кислоты:

линолевой (53,5%) $CH_3(CH_2)_3-(CH_2CH=CH)_2(CH_2)_7$

олеиновой (27,33%) $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7$

ККДА представляет собой диэтаноламид на основе жирных кислот кукурузного масла.

Применение в качестве кислотного компонента указанной кислоты позволяет расширить ассортимент известных нПАВ.

Следующим этапом работы являлось исследование физико-химических свойств ККДА: коэффициента поверхностного натяжения, угла смачивания, оценка ККДА как эмульгатора, подсчет гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ), анализ размера частиц и дзета (ζ)-потенциала.

Основные характеристики ПАВ, такие, как поверхностное натяжение (σ) и смачивающая способность (θ), определяли на приборе Data Physics DCAТ 21, используя способ кольца Дю-Нуи в динамичном режиме. Суть измерения заключается в определении необходимой силы для отрыва платинового кольца с известными размерами от поверхности жидкости. При этом, когда приравняются вытягивающая сила и вес столбика с силой поверхностного натяжения, наблюдается разрыв столбика и отрыв платинового кольца от поверхности [7, 11, 16]. Для определения смачивающей способности полученного ПАВ применяли вещество с гладкой гидрофильной поверхностью – желатин, на котором непрерывное падение краевого угла смачивания (θ) наблюдается на всем пути.

Для оценки эмульгирующих свойств продукта водный раствор ККДА с определенной концентрацией смешивали с маслом промышленным (ГОСТ 20799-88). Для получения эмульсии использовался микроизмельчитель РТ-2, на котором проводили измельчение грубодисперсной системы, состоящей из двух несмешивающихся жидких слоев. При оценке стабильности полученных эмульсий смешивали промышленное масло объемом 25 см³ с исследуемым ПАВ расчетной концентрации и добавляли 25 см³ дистиллированной воды. Параметры механического воздействия: интенсивность вращения 5000 мин⁻¹ и длительность перемешивания 1 мин. Далее регистрировалось время, в течение

которого последует расслоение эмульсии на части: гидрофобную и гидрофильную, наблюдая начальный момент расслоения. Эмульсия считается неустойчивой, если время ее расслаивания составляет меньше 2 ч (ГОСТ 22567.1-77) [15-17].

Также в работе определялся средний размер частиц исследуемого вещества. Измерение данного показателя проводили методом динамического светорассеяния на анализаторе Zeta Potential Analyzer. Суть метода состоит в измерении и дальнейшей обработке сигналов флуктуаций в разные временные промежутки интенсивности рассеянного света, изменяющейся по причине хаотического движения частиц в растворе [17, 18]. Предварительно провели центрифугирование раствора ККДА на центрифуге осадительного типа марки Т23 со следующими параметрами обработки: время 15-20 мин, скорость вращения – 4000 об./мин.

Агрегативная устойчивость вещества – это способность системы препятствовать укрупнению частиц дисперсной фазы при различных процессах: диспергирования, агрегации и флокуляции. Мерой устойчивости коллоидных систем является ζ -потенциал, который характеризует силы электростатического отталкивания одноименных зарядов, формируемых на поверхности дисперсных частиц. Чем выше значение электрокинетического потенциала, тем устойчивее система [17, 18]. Определение ζ -потенциала проводили на приборе повышенной чувствительности ZetaPALS.

Для выявления направления применения ПАВ необходимо рассчитать количественную характеристику – определенный баланс между полярными и неполярными группами. ГЛБ определяли путем выделения гидрофильных и гидрофобных групп молекулы ПАВ ККДА, применяя его химическую формулу и данные ИК-спектроскопии. Метод расчета данного показателя включает присваивание каждой функциональной группе молекулы вещества группового значения соответственно скорости коалесценции капель «масла в воде» и капель «воды в масле» [7, 19].

Расчет значения ГЛБ для ПАВ проводился по следующей формуле:

$$ГЛБ = 7 + \sum (ГЛБ гидрофильных групп) - \sum (ГЛБ гидрофобных групп) \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Получен диэтаноламид из ЖККМ – ККДА. Значение кислотного числа полученного ККДА 5,0 мгКОН/г. Синтезированное вещество представляет собой темно-коричневую вязкую массу при комнатной температуре. Полученный ПАВ растворим в

изопропиловом, этиловом спиртах, ацетоне и уайт-спирите, также в ароматических углеводородах (толуол, ксилол), в биполярном диметилформамиде.

Результаты проведенных опытов показали технологичность применения исследуемого ПАВ, так как он легко растворяется в различных органических растворителях. Пониженная растворимость ККДА в воде подтверждает возможность его использования в качестве эмульгатора.

Строение полученного ККДА подтверждено результатами ИК-спектроскопии (рис. 1). В ИК спектре присутствуют характерные для данного продукта функциональные группы: -ОН, -NH, -CH₂, C=O в амидах, C-N, -NH, C-O. Также ИК спектр обладает характерной для ПАВ «первой» и «второй» амидными полосами [20].

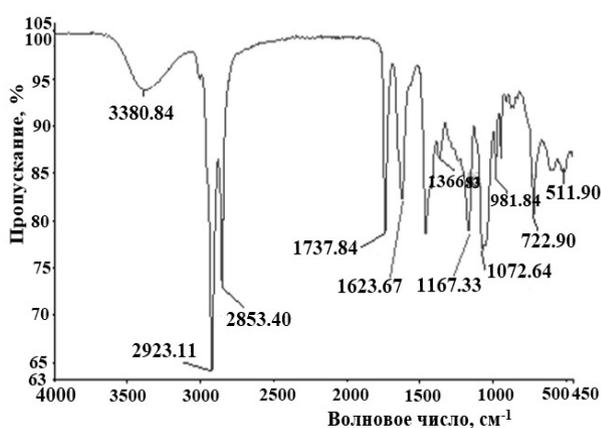


Рис. 1. ИК спектр ККДА
Fig. 1. IR spectrum of KKDA

Поверхностная активность – способность уменьшать поверхностную энергию на границе раздела двух фаз, является важнейшей характеристикой ПАВ. Обнаружено, что поверхностное натяжение ККДА при изменении концентрации меняется слабо с 37,06 до 36,34 мН/м. Изменение температуры практически не влияет на значения измеряемого показателя. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) исследуемого продукта находится в диапазоне 0,25-0,50 г/дм³. В качестве контрольного ПАВ выбран известный и широко используемый нПАВ Неонол АФ 9-12 (ТУ 2483-077-05766801-98).

Полученные изотермы поверхностного натяжения представлены на рис. 2.

Представленная изотерма (рис. 3) показывает изменение краевого угла смачивания в зависимости от концентрации ПАВ. При увеличении смачивающей способности ПАВ наблюдается снижение коэффициента поверхностного натяжения. При этом

максимальное смачивание ККДА наблюдается в области достижения ККМ, а после ККМ σ и значения θ практически не изменяются.

Результаты наблюдения эмульгирующей способности исследуемого ПАВ показали образование стабильной эмульсии водного раствора ККДА с участием индустриального масла вне зависимости от температуры при концентрации 2 г/дм³.

Рассчитанное значение ГЛБ для полученного нПАВ составило 12,63, что позволяет отнести его к эмульгаторам «масло в воде» (прозрачный раствор прямой эмульсии).

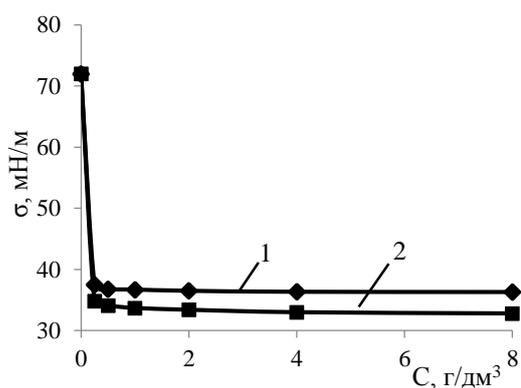


Рис. 2. Изотермы поверхностного натяжения ПАВ: 1 – ККДА; 2 – Неонол АФ 9-12
Fig. 2. Isotherms of surfactant's surface tension: 1 – CCDA, 2 – Neonol AF 9-12

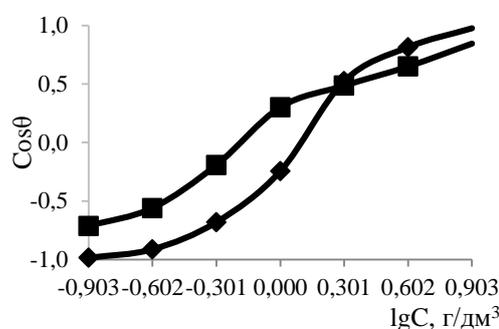


Рис. 3. Изотермы смачивания гидрофильной (желатиновой) поверхности: 1 – ККДА; 2 – Неонол АФ 9-12
Fig. 3. Isotherms of hydrophilic surface wetting: 1 – CCDA, 2 – Neonol AF 9-12

Таблица 1
Результаты определения эмульгирующей способности ПАВ при температуре 20 °С
Table 1. The results of determining the emulsifying ability of surfactants at a temperature of 20 °С

Концентрация ККДА, г/дм ³	Начало расслаивания, мин	Конец расслаивания, мин
2	35	88
4	41	90
8	42	165

Таблица 2
Результаты определения эмульгирующей способности ПАВ при температуре 40 °С
Table 2. The results of determining the emulsifying ability of surfactants at a temperature of 40 °С

Концентрация ККДА, г/дм ³	Начало расслаивания, мин	Конец расслаивания, мин
2	40	82
4	56	98
8	108	110

По результатам определения среднего размера частиц обнаружено, что до ККМ оцениваемый показатель имеет значение 154,4 нм, а после ККМ 346,5 нм (рис. 4). Таким образом, разработанное вещество может быть причислено к группе высокодисперсных систем с радиусом частиц от 10 нм до 1 мкм. ККДА занимает промежуточное положение между нано- и микрочастицами. Ввиду относительно узкого распределения частиц дисперсной фазы по размерам, ККДА можно отнести к монодисперсным системам.

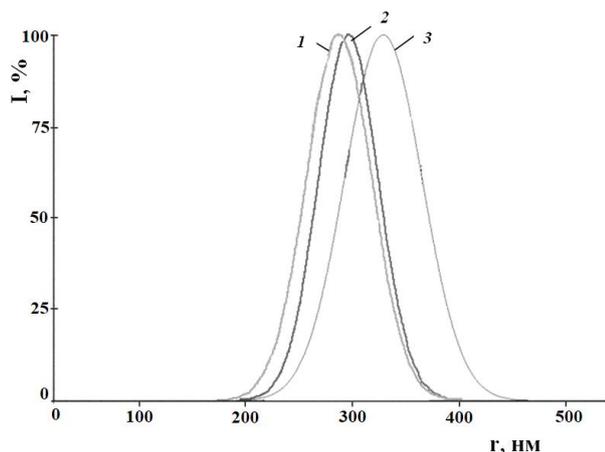


Рис. 4. Изменение интенсивности рассеянного света в зависимости от гидродинамического радиуса ККДА: 1 – до ККМ; 2 – в точке ККМ; 3 – после ККМ
Fig. 4. Change in the intensity of diffused light depending on the hydrodynamic radius of CCDA particles: 1 – before KKM; 2 – KKM; 3 – after KKM

График зависимости значения ζ -потенциала от интенсивности сигнала флуктуаций показан на рис. 5. Как видно из рисунка, величины ζ -потенциала понижаются с ростом расхода ПАВ. Объясняется это понижением толщины двойного электрического слоя вследствие роста в растворе концентрации противоионов. Значение ζ -потенциала меньше ± 10 мВ не зафиксировано. В итоге отмечено, что частицы ККДА агрегативно устойчивы и не склонны к флокуляции.

Исследованные свойства и показатели синтезированного ККДА представлены в табл. 3.

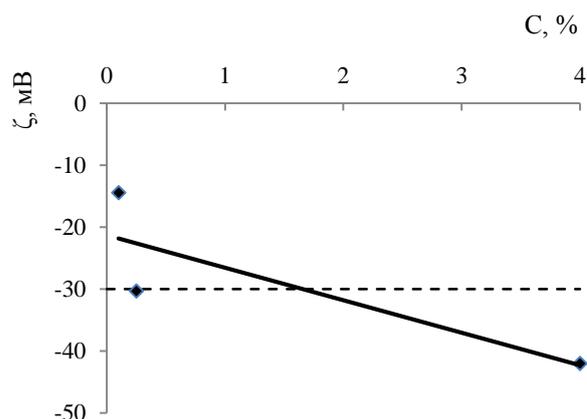


Рис. 5. Зависимость значений ζ -потенциала от интенсивности сигнала ККДА
Fig. 5. Dependence of ζ -potential on the signal intensity of CCDA

Таблица 3
Физико-химические и коллоидно-химические показатели синтезированного нПАВ
Table 3. Physico-chemical and colloid-chemical properties of the synthesized non-ionic surfactant

Наименование показателя	Показатели
Внешний вид	Вязкая темно-коричневая масса
Внешний вид водного раствора ПАВ с концентрацией 10,0 г/дм ³	Мутная жидкость
ККМ, г/дм ³	0,25-0,5
Температура точки помутнения ПАВ (5,0 г/дм ³), °С	72,0-73,0
ГЛБ	12,63
Поверхностное натяжение ПАВ, (1,0 г/дм ³), мН/м	37,08-36,34
Краевой угол смачивания ПАВ концентрацией 5,0 г/дм ³ , °	82,7-84,9
рН водного раствора	6-7
Размер (радиус) частиц ПАВ: до ККМ, нм; после ККМ, нм	154,5; 346,5
Стабильность эмульсии (2,0-5,0 г/дм ³) в течение 30 минут (эмульгирующая способность)	Стабильна

Таким образом, разработана методика синтеза нПАВ на основе ЖККМ и ДЭА. Изучены его строение и коллоидно-химические свойства. Доказано, что полученное вещество снижает поверхностное натяжение, следовательно, обладает поверхностной активностью. Выявлено, что поверхностное натяжение раствора ККДА при концентрации 0,25 - 0,50 г/дм³ (ККМ) составляет 36,34 - 37,06 мН/м. Обнаружено, что наибольшее смачивание наблюдается в точке ККМ. Краевой угол смачивания ККДА концентрацией 5,0 г/дм³ на желатиновой подложке равен 82,7-84,9°. Установлено

наличие эмульгирующих свойств синтезированного продукта. Наибольшая стабильность эмульсии водного раствора ККДА наблюдается при концентрации 2 г/дм^3 независимо от температуры. Показано, что система относится к высокодисперсным с диаметром частиц в диапазоне от 10 нм до 1 мкм и характеризуются моодисперсностью. Доказано, что исследуемое вещество обладает агрегативной

устойчивостью, следовательно, его частицы не склонны к быстрой коагуляции.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Елубай М.А., Аблай К.А. Современные способы получения ПАВ из растительного сырья. *Наука и техника Казахстана*. 2020. № 2. С. 88-91.
2. 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. DOI: 10.6060/tcct.20186106.5685.
3. 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.
4. Ткачева Т.А., Мезенцева В.Н., Чигринова Н.А. Синтез и изучение поверхностной активности соли сульфатированного амида на основе олеиновой кислоты и моноэтаноламина. *Изв. вузов. Приклад. химия и биотехнол.* 2018. Т. 8. № 3. С. 12-17. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-12-17.
5. 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. Т. 17. Вып. 22. С. 73-73.
6. Лутфуллина Г.Г. Исследования характеристик свойств синтезированных диэтаноламидов. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2011. № 6. С. 44-47.
7. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. СПб.: Профессия. 2004. 240 с.
8. Лутфуллина Г.Г., Петрова С.А., Хайрутдинова Р.И., Халитов Ф.Г. Исследование строения и свойств ПАВ, полученных из жирных кислот. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2019. Т.22. № 5. С. 70-71.
9. Лутфуллина Г.Г., Хайдарова Л.М., Островская А.В., Абдуллин И.Ш. Исследование влияния ПАВ на основе побочного продукта производства олеиновой кислоты на обезжиривание мехового сырья. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2010. Вып. 1. С. 268-272.
10. Лутфуллина Г.Г., Хайрутдинова Р.И., Петрова С.А. Синтезированные аминоксодержащие ПАВ в крашении шкурок кролика. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2017. Т.20. № 1. С.100-101.
11. Лутфуллина Г.Г., Зиннатуллина З.А. О возможности регулирования эмульгирующей способности композиций ПАВ. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2015. Т. 18. № 15. С. 185-186.
12. Плетнев М.Ю., Колесникова Е.Н., Глухарева Н.А., Козырева Ю.Н. Поверхностно-активные вещества: справочник. М.: ООО «Фирма Клавель». 2002. 786 с.
13. Лутфуллина Г.Г., Мартынова К.Е., Гусева К.С. Исследование свойств анионоактивного ПАВ на основе жирных кислот пальмового масла и метанола (Mizulan FL-80). *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2014. Т. 17. Вып. 22. С. 99-100.
1. Yelubay M. A., Ablay K.A. Modern methods of obtaining surfactants from plant raw materials. *Nauka Tekhnika Kazakhstana*. 2020. N 2. P. 88-91 (in Russian).
2. Lutfullina G.G., Guseva K.S., Grishin P.B., Khairutdinova R.I. Synthesis and study of properties if surfactants based on fat acids of palm oil and methanol. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2018. V. 61. N 6. P. 88-95 (in Russian). DOI: 10.6060/tcct.20186106.5685.
3. 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. Univ*. 2011. N 11. P. 111-113 (in Russian).
4. Tkacheva T.A., Mezentseva V.N., Chigrineva N.A. Synthesis and surface activity of sulphated amides amides based on oleic acid and monoethanolamine. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Priklad. Khim. Biotekhnol.* 2018. V. 8. N 3. P. 12-17 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-12-17.
5. 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. Univ*. 2014. N 22. P. 73-73 (in Russian).
6. Lutfullina G.G. Studies of the characteristics of the properties of synthesized diethanolamides. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. N 6. P. 44-47 (in Russian).
7. Lange K.R. Surfactants: synthesis, properties, analysis, application. SPb.: Professiya. 2004. 240 p. (in Russian).
8. Lutfullina G.G., Petrova S.A., Khairutdinova R.I., Halitov F.G. Studying the structures and properties of surfactants derived from fatty acids. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. V. 22. N 5. P. 70-71 (in Russian).
9. Lutfullina G.G., Khaydarova L.M., Ostrovskaya A.V., Abdullin I.Sh. Study of the effect of surfactants based on a by-product of oleic acid production on degreasing fur raw materials. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. V 1. P. 268-272 (in Russian).
10. Lutfullina G.G., Khairutdinova R.I., Petrova S.A. Synthesized amine-containing surfactants in the dyeing of rabbit skins. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. V. 20. N 1. P. 100-101 (in Russian).
11. Lutfullina G.G., Zinnatullina Z.A. On the possibility of regulation the emulsifying ability of surfactant compositions. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2015. V. 18. N 15. P. 185-186 (in Russian).
12. Pletnev M.Yu., Kolesnikova E.N., Glukhareva N.A., Kozyrev Yu.N. Surfactants: Handbook. M.:LLC "Firma klavel". 2002. 786 p. (in Russian).
13. Lutfullina G.G., Martynova K.E., Guseva K.S. Investigation of the properties of an anionic surfactant based on fatty acids of palm oil and methanol (Mizulan FL-80). *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. V. 17. N 22. P. 99-100 (in Russian).
14. Lutfullina G.G. Dyeing of rabbit skins with the participation of amine-containing surfactants. *Vest. Kazan. Tekhnol. Univ*. 2011. N 16. P. 35-38 (in Russian).

14. **Лутфуллина Г.Г.** Крашение шкур кролика с участием аминокислотных поверхностно-активных веществ. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2011. № 16. С. 35-38.
15. **Лутфуллина Г.Г., Зиннатуллина З. А., Хайрутдинова Р.И.** О влиянии температуры на эмульгирующую способность ПАВ. Сб. тр. Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование. Улан-удэ: Изд-во ВСГУТУ. 2016. С. 110-116.
16. **Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н.** Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств: учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ. 2007. 116 с.
17. **Сумм Б.Д.** Основы коллоидной химии. М.: Изд. Центр «Академия». 2009. 240 с.
18. **Сизмина И.О., Миргазитов И.Ф.** Определение поверхностного натяжения и дзета-потенциала анионного ПАВ из растительного сырья. Сб. тр. Наука, образование, инновации: актуальные вопросы и современные аспекты. Бугульма: Изд-во ООО «Конверт». 2020. С. 338-341.
19. **Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П.** Коллоидная химия. СПб.: Изд-во «Лань». 2010. 336 с.
20. **Сильверстейн Р., Басслер Г., Моррил Т.** Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: Мир. 1977. 592 с.
15. **Lutfullina G.G., Zinnatullina Z.A., Khairutdinova R.I.** The influence of temperature on emulsifying ability surfactants. Coll. of presentation of Leather and fur in the XXI century: technology, quality, environmental management, education. Ulan-Ude: Izd-vo ESSUTM. 2016. P. 110 – 116 (in Russian).
16. **Nikolaev P.V., Kozlov N.A., Petrova S.N.** Bases of chemistry and manufacturing process of synthetic detergents. Ivanovo: IGKhTU. 2007. 116 p. (in Russian).
17. **Summ B.D.** Foundations of colloid chemistry. M.: Izd-vo "Academy". 2009. 240 p. (in Russian).
18. **Sizmina I.O., Mirgazitov I.F.** Determination of surface tension and zeta potential of an anionic surfactant from vegetable raw materials. Coll. of presentation of Science, education, innovations: topical issues and modern aspects. Bugulma: Izd-vo LLC "Konvert". 2020. P. 338-341 (in Russian).
19. **Gelfman M.I., Kovalevich O.V., Yustratov V.P.** Colloid chemistry. SPb.: Izd-vo "Lan". 2010. 336 p. (in Russian).
20. **Silverstein R., Bassler G., Morrill T.** Spectrometric identification of organic compositions. M.: Mir. 1977. 592 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 13.04.2022

Принята к опубликованию 16.08.2022

Received 13.04.2022

Accepted 16.08.2022