

Н.А Глухарева<sup>1</sup>, А.С. Казбаева<sup>2</sup>,  
А.О. Адильбекова<sup>2</sup>, А.Б. Ертаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Белгород, Россия

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
(E-mail: <sup>1</sup>glukhareva@bsu.edu.ru, <sup>2</sup>ainura98-09@mail.ru,

<sup>2</sup>akbota.adilbekova@kaznu.kz,

<sup>1</sup>ayaulym.ertaeva1@gmail.com)

## Влияние смесей ПАВ на устойчивость эмульсий

---

**Аннотация.** В работе изучено эмульгирующее действие индивидуальных поверхностно-активных веществ (ПАВ) додецилсульфата натрия и Неонола АФ 9-6 и их смесей. Изучены изотермы поверхностного натяжения растворов индивидуальных ПАВ. Устойчивость эмульсий оценивали по времени расслоения фаз. Установлено, что растворы индивидуальных ПАВ не способствуют образованию устойчивых эмульсий. Показано, что смеси анионного ПАВ NaDDS с более гидрофобным неионным ПАВ Неонолом АФ 9-6 более эффективны при получении эмульсии в системе вода – гексан, показано их синергетическое действие для стабилизации эмульсий. Найдено, что при стабилизации смесями ПАВ додецилсульфата натрия и Неонола АФ 9-6 образуются эмульсии прямого типа. Тип образовавшейся эмульсии определяли с помощью лабораторного оптического микроскопа после добавления водо- и маслорастворимых красителей – метилоранжа и Судана IV. Выявлено, что наиболее эффективной является смесь Неонола АФ 9-6 с додецилсульфатом натрия, взятых в соотношении 3:1 (масс.) при соотношении жидких фаз 1:1. При суммарной концентрации смеси ПАВ в водной фазе 0,04% и объемном соотношении вода–гексан 1:3 удалось получить высококонцентрированную устойчивую прямую эмульсию.

**Ключевые слова:** эмульсия, поверхностно-активное вещество, додецилсульфат натрия, Неонол АФ 9-6, устойчивость эмульсии.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2020-132-3-43-51>

---

**Введение.** Образование и стабильность эмульсий является одной из важных проблем в коллоидной химии. Эмульсии распространены в природе, как и другие дисперсные системы, широко используются в повседневной жизни, имеют важное значение для производства, являясь либо продуктом этих производств, либо компонентом технологического процесса для стабилизации эмульсий используются поверхностно-активные вещества (ПАВ), коллоидные частицы, стабилизированные ПАВ, а также смеси ПАВ. ПАВ являются амфифильными молекулами; они минимизируют энергию, необходимую для образования эмульсии, уменьшая межфазное натяжение масла и воды [1, 2].

Липофильные ПАВ использовались для образования эмульсий вода/масло, исследованы влияния добавления гидрофильных ПАВ к эмульсиям [3]. Авторы контролировали процесс с помощью визуальных и микроскопических наблюдений, определяли размер капель и проводимость эмульсии. При низких концентрациях гидрофильных ПАВ наблюдались множественные эмульсии типа масло/вода/масло. Было обнаружено, что эмульсия обратилась в прямую эмульсию, когда концентрации гидрофильных ПАВ были увеличены [3].

Водные капли эмульсий четко определенного размера часто используются в качестве не-

больших контейнеров для проведения химических и биохимических реакций, клеточных анализов и в качестве шаблонов для получения микрочастиц [4]. Чтобы предотвратить коалесценцию капель, эмульсии необходимо стабилизировать. Авторы [4] сравнивают способность различных неионных ПАВ (НПАВ) стабилизировать капли воды, диспергированные во фторированных маслах. В частности, изучено влияние длины их гидрофильного поли(этиленгликолевого) блока (ПЭГ) на стабильность капель. Устойчивость капель, зависит от межфазного натяжения и зависит от плотности упаковки неионного сополимерного ПАВ.

Авторы [5] исследовали механизм устойчивости обратных эмульсий, стабилизированных ПАВ. Исследовано сочетание двух различных масел (соевое масло и гексадекан) и трех эмульгаторов (полиглицерил полирицинолеат (ППР), Span 80 и лецитин) при двух соотношениях вода: масло. Молекулярная структура как масла, так и эмульгатора была важна для определения стабильности эмульсии. Системы вода/соевое масло с эмульгаторами Span 80 или лецитином не образовывали макроэмульсию, а имели гелеобразную структуру [5].

В работе [6] для стабилизации наноэмульсий (НЭ) были использованы смеси неионогенных ПАВ: Tween 60, Tween 80, Span 60, Span 80, Cremophor EL и Solutol HS15 в различных комбинациях.

В растворах смесей ПАВ разной природы может проявляться как эффект синергизма – способность ПАВ усиливать действие друг друга, так и антагонизма. Например, в получении эмульсий смесь двух ПАВ может быть более эффективной, чем каждое из ПАВ в отдельности [7-8]. Согласно известному правилу Банкрофта, применяемому в эмульсионной технологии, водорастворимые эмульгаторы обычно стабилизируют прямые эмульсии – “масло в воде”, в то время как маслорастворимые эмульгаторы – обратные эмульсии “вода в масле”. Эмпирически было установлено, что для получения устойчивой эмульсии комбинация ПАВ, одного более гидрофильного, а другого более гидрофобного, оказывается более эффективной, чем использование одного ПАВ с промежуточным числом ГЛБ, что объясняют особенностями упаковки смеси на межфазной поверхности, кинетикой адсорбции из водной и неполярной фаз. Независимо от механизма использование комбинации ПАВ с низкими и высокими числами ГЛБ для получения эмульсий оказывается очень эффективным и часто применяется на практике [9].

В связи с этим изучение эмульгирующей способности смесей ПАВ является актуальным. Целью работы было изучение влияния смесей этоксилата алкилфенола с додецилсульфатом натрия на устойчивость эмульсии в модельной системе гексан-вода. Смеси данных ПАВ перспективны для составления эффективных композиций для деэмульгирования нефтяных эмульсий, процессов нефтевытеснения и составления моющих средств технического назначения.

Новизна данного исследования заключается в том, что впервые изучены эмульгирующие способности смесей анионного ПАВ NaDDS и неионного ПАВ – этоксилата алкилфенола с разветвленным алкильным радикалом  $C_9H_{19}C_6H_4(OCH_2CH_2)_6OH$  Неонол АФ 9-6 и показано их синергетическое действие для стабилизации эмульсий прямого типа.

**Экспериментальная часть.** В настоящей работе были использованы анионные и неионные ПАВ.

Анионное ПАВ - додецилсульфат натрия (NaDDS,  $C_{12}H_{25}OSO_3Na$ ), был синтезирован на кафедре общей химии НИУ БелГУ и дополнительно очищен.

Неионное ПАВ – этоксилат алкилфенола с разветвленным алкильным радикалом  $C_9H_{19}C_6H_4(OCH_2CH_2)_6OH$  Неонол АФ 9-6 (Россия, ОАО “НижнекамскНефтеХим”). Неонол АФ 9-6 использовали без дополнительной очистки.

*Очистка додецилсульфата натрия.* Додецилсульфат натрия перекристаллизовали из спирта три раза. После трехкратной перекристаллизации высушенный образец дополнительно заливали ацетоном, перемешивали и выдерживали в течение суток. Затем его отфильтровывали и сушили.

Растворы смеси ПАВ готовили, отбирая пипетками рассчитанные объемы растворов каждого компонента известной концентрации, либо из навесок.

*Получение эмульсии, оценка их устойчивости.* Эмульсию получали с использованием электрического мини диспергатора со спиральной пружиной (SINBO). Использование мини-диспергатора позволило улучшить получение эмульсии по сравнению со встряхиванием в пробирках вручную.

Эмульгирование проводили в стакане на 100 мл, вводя заданные объемы водного раствора ПАВ и гексана в качестве неполярной фазы. Гексан подавали на водную фазу из делительной воронки, варьируя скорость подачи. Экспериментально установили оптимальное время перемешивания – 8 минут. При меньшем времени перемешивания система быстро расслаивалась, увеличение времени приводило к существенной потере гексана за счет его испарения.

После диспергирования двух фаз, полученную эмульсию наливали в цилиндр на 50 мл, закрывали пробкой и наблюдали изменения, происходящие с течением времени. Наблюдения вели не менее двух часов. Устойчивость эмульсий оценивали по времени расслоения.

Тип образовавшейся эмульсии определяли, наблюдая ее под лабораторным оптическим микроскопом после добавления водо- и маслорастворимых красителей – метилоранжа и Судана IV. Для этого отбирали пипеткой пробы в два чистых сухих стакана, на кончике шпателя добавляли по несколько кристаллов красителей. Наблюдали окрашивание. Наносили каплю эмульсии на предметное стекло и рассматривали в микроскоп.

**Результаты и обсуждение.** В работе сначала изучали влияние концентрации NaDDS и Неонола АФ 9-6 по отдельности на устойчивость эмульсии. При интенсивном перемешивании в системе гексан – вода (объемное соотношение 1:1) в присутствии NaDDS при концентрации его в водном растворе от 0,01% до 0,05% наблюдается сильное пенообразование, появление прямой мутной эмульсии, которая быстро расслаивается. На рисунке 1 приведена зависимость объема эмульсии (промежуточный слой) от времени. Объем эмульсии составляет не более 13 мл в начальный момент времени при суммарном объеме двух фаз 40 мл (20+20мл). Изменение объемного соотношения гексан-вода, а также варьирование времени перемешивания и способа подачи гексана в водный раствор не привели к улучшению эмульгирования. Таким образом, NaDDS не является эффективным эмульгатором для такой системы.

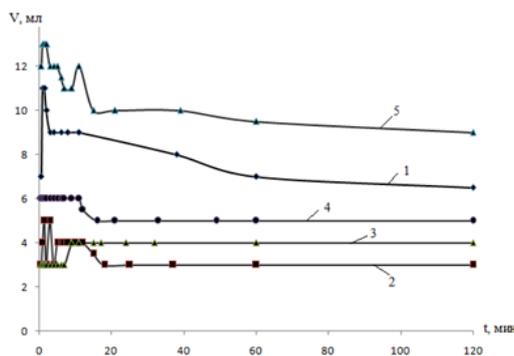


Рис. 1. Зависимость объема эмульсии от времени в присутствии NaDDS различной концентрации.  
1 – 0,01%, 2- 0,02%, 3- 0,03%, 4-0,04%, 5-0,05%.

На рисунке 2 показаны результаты, полученные для НПАВ Неонола АФ 9-6. Визуально было отмечено образование эмульсий и наличия незначительного пенообразования. Наиболее устойчивые эмульсии объемом 13 - 15 мл получились при концентрации НПАВ в водном растворе 0,02% и 0,03%. По окрашиванию эмульсии Суданом (IV) установили, что она является обратной.

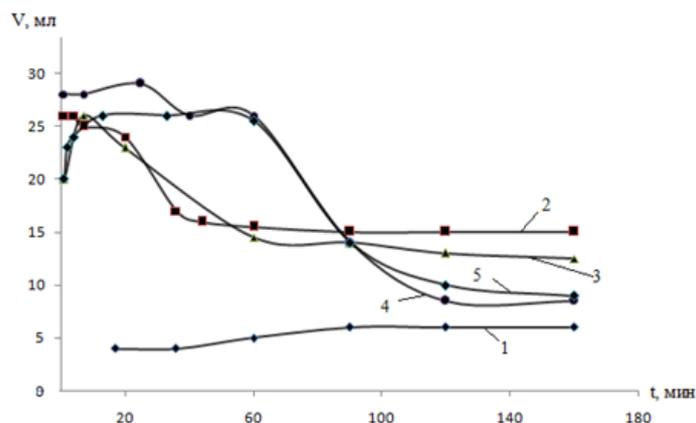


Рис. 2. Зависимость объема эмульсии от времени в присутствии Неонола АФ 9-6 различной концентрации. 1 – 0,01%, 2- 0,02%, 3- 0,03%, 4-0,04%, 5-0,05%.

Далее было изучено эмульгирующее действие смесей NaDDS с Неонол АФ 9-6. NaDDS и Неонол АФ 9-6 должны совместно адсорбироваться на границе раздела фаз (рис. 3), однако тип эмульсии предсказать сложно, так как каждый по отдельности стабилизирует различные эмульсии (прямую и обратную соответственно) в соответствии с правилом Банкрофта.

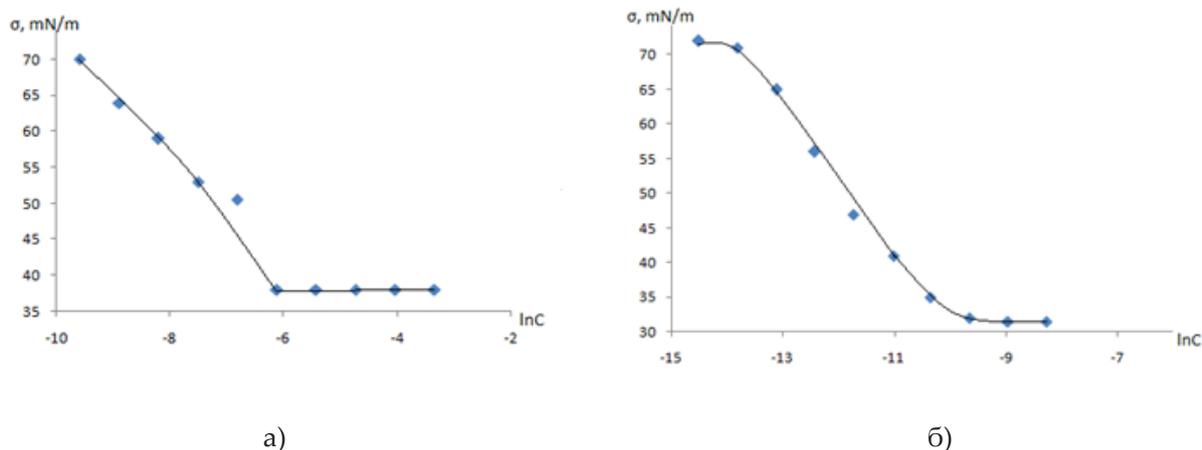


Рис. 3 Изотермы поверхностного натяжения (200С) водных растворов NaDDS (а) и Неонола АФ 9-6 (б)

В адсорбционном слое эти ПАВ будут взаимодействовать друг с другом. Известно, что сочетание гидрофильного и гидрофобного ПАВ часто приводит улучшению эмульгирующего эффекта [10].

В водный раствор вводили смесь ПАВ Неонол АФ9-6 и NaDDS при массовом соотношении 1:1. Визуально было отмечено, что при перемешивании смеси водного раствора и гексана в равном объемном отношении образуется пена, однако пена быстро разрушалась в первые 5–7 с. Увеличение объема слоя эмульсии в начале наблюдения обусловлено этим разрушением первоначально образовавшейся пены и стеканием эмульсии из нее. По окрашиванию эмульсий метилоранжем во всех случаях установили, что они являются прямыми. Слой под эмульсией, по-видимому, представляет собой мицеллярный раствор, так как он прозрачен и пенится.

При концентрации 0,02% ПАВ в водном растворе образовалась вязкая эмульсия наибольшего объема (рис. 4). При перемешивании пенообразование было совсем незначительным. На начальном этапе жизни эмульсии объем ее достиг 25 мл и спустя 2 часа составлял 18 мл. Разрушение эмульсии в первые 30 минут было быстрым, а затем она сохранялась практически без изменения, так что через сутки объем ее не изменился.

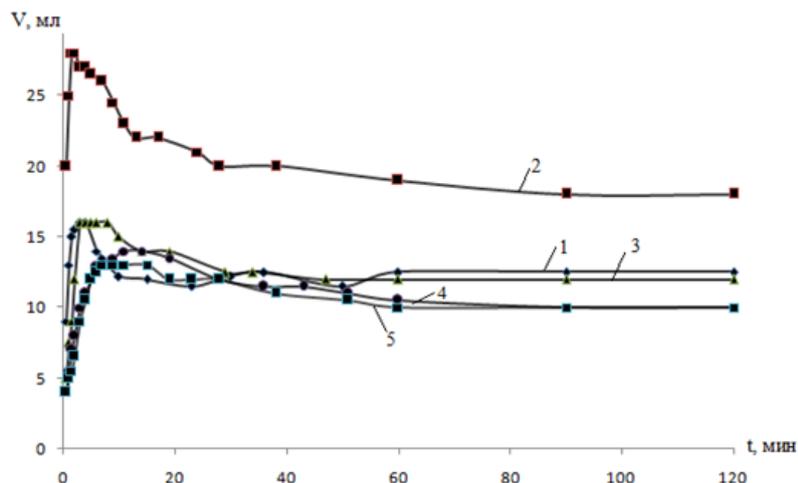


Рис. 4. Зависимость объема эмульсии от времени в присутствии смеси ПАВ соотношением 1:1.  
1 – 0,01%, 2- 0,02%, 3- 0,03%, 4-0,04%, 5-0,05%.

При остальных концентрациях начальный объем эмульсии составлял 12-16 мл. Скорость уменьшения объема меньше, чем предыдущем случае, но и конечный объем эмульсии меньше, чем при концентрации 0,02%. Концентрации ПАВ 0,01% оказалось недостаточно для эффективного эмульгирования, а при концентрациях 0,03% - 0,05% образовывалось больше пены на начальном этапе. С течением времени эмульсии разрушались, и наблюдалось отделение гексана (верхний слой в цилиндрах, рис. 5). Следует отметить, что при использовании только Неонола АФ 9-6 в той же концентрации (0,02%) объем эмульсии был меньше, и она была обратной.



Рис. 5. Результат эмульгирования смесями Неонол АФ 9-6/NaDDS при массовом соотношении 1:1.  
Слева направо начальные концентрации в водном слое от 0,01% до 0,05%.

Затем проводили эксперимент, вводя в раствор смесь ПАВ Неонол АФ 9-6 и NaDDS (рис. 6) при массовом соотношении 1:3. При перемешивании отмечалось образование как пены, так и эмульсии большего объема, чем при соотношении ПАВ 1:1. На начальном этапе после перемешивания при разных концентрациях водного раствора ПАВ объем образовавшейся пены составлял от 31 мл до 48 мл, и в то же время объем эмульсии – 33–35 мл. При концентрации 0,04% объем пены меньше, чем при других концентрациях, и объем эмульсии наибольшей (35 мл). Во всех случаях скорость разрушения эмульсии в первые 10 минут высокая, однако конечный объем эмульсии тоже выше, чем в предыдущем случае. При концентрациях 0,03% и 0,05% водного раствора ПАВ поведение эмульсии было сходным, и конечный объем составил 20 мл, а при концентрациях 0,01% и 0,02% водного раствора ПАВ объем эмульсии составил 19 мл. Пробы эмульсии не окрашивались Суданом (IV), то есть являлись прямыми.

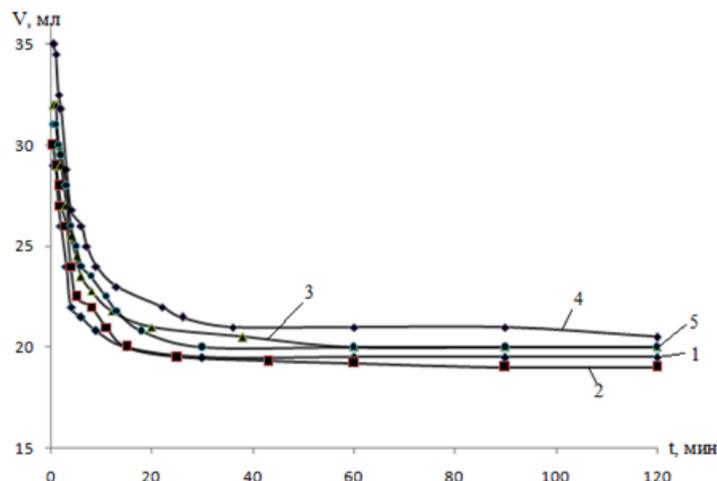


Рис. 6. Зависимость объема эмульсии от времени при соотношении смеси ПАВ 1:3.  
1 – 0,01%, 2- 0,02%, 3- 0,03%, 4-0,04%, 5-0,05%.

При увеличении содержания неионогенного ПАВ в смесь по сравнению с анионным (Неонол АФ9-6 и NaDDS при массовом соотношении 3:1) пенообразование уменьшалось. Начальный объем эмульсии составлял 28-33 мл в зависимости от концентрации. При концентрации 0,01% слой эмульсии разрушался очень быстро (рис. 7, кривая 1). После 40 минут наблюдения во всех случаях объем образовавшейся эмульсии перестал изменяться, и составлял 18-21 мл. Можно считать, что лучший результат был получен при концентрации 0,02%, которая оказалась, обеспечивающей наибольший объем оставшейся эмульсии по истечении 2-х часов наблюдения. Через сутки этот объем практически не изменился.

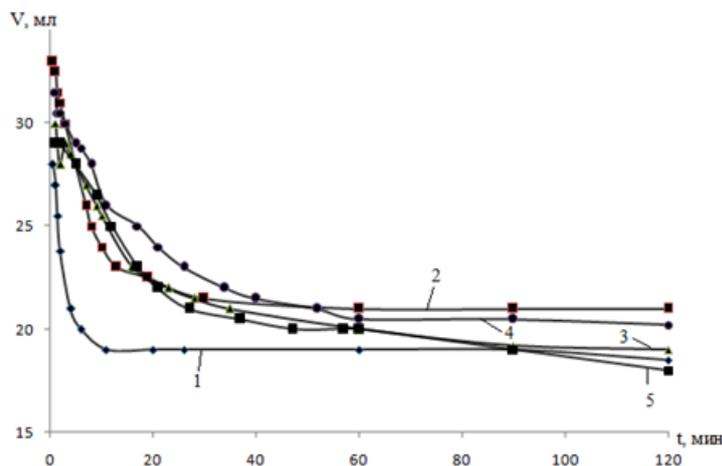


Рис. 7. Зависимость объема эмульсии от времени при соотношении смеси ПАВ 3:1 (Неонол АФ 9-6/NaDDS). 1 – 0,01%, 2- 0,02%, 3- 0,03%, 4-0,04%, 5-0,05%.

Таким образом, предпочтительное соотношение компонентов в смеси ПАВ составило Неонол АФ 9-6/NaDDS 3:1 (по массе).

На следующем этапе при массовом соотношении ПАВ 1:1 варьировали объемное отношение водного раствора и гексана. Объем водного раствора составлял 10 мл, а объем гексана 30 мл. Общее содержание ПАВ в этой системе сохранили (0,04 %). С изменением объемного отношения фаз объем эмульсии увеличился от 21 мл до 34 мл при отсутствии пенообразования (рис.8).

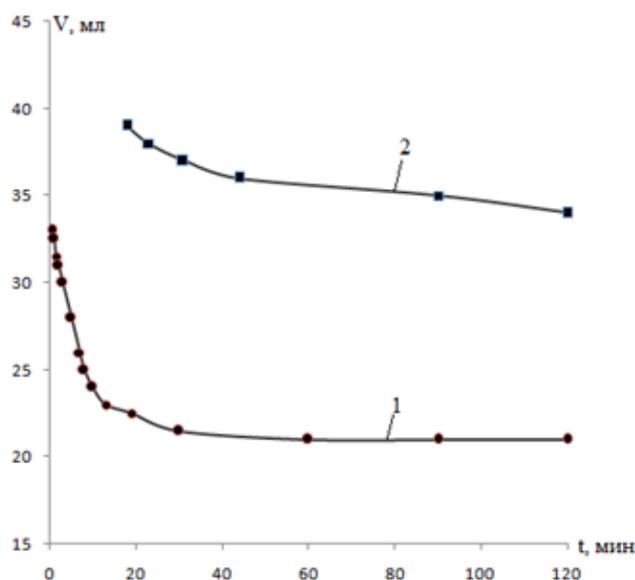


Рис. 8. Зависимость объема эмульсии от времени при объемном отношении вода-гексан 1- 1:1, 2 - 1:3.

При соотношении жидких фаз 1:3 (вода – гексан) и соотношении поверхностно-активных веществ Неонол АФ 9-6/NaDDS 1:1 (по массе) образуется высококонцентрированная прямая эмульсия. Увеличение гидрофобизации смеси ПАВ привело к усилению эмульгирующего действия смеси.

Таким образом, наилучший результат был получен при объемном отношении вода – гексан 1:3, содержании ПАВ в водном растворе 0,04% и массовом соотношении ПАВ 1:1.

Заключение. В работе изучено эмульгирующее действие индивидуальных АПАВ и НПАВ и их смесей. Показано, что смеси анионного ПАВ NaDDS с более гидрофобным неионным ПАВ Неонол АФ 9-6 более эффективны при получении эмульсии вода – гексан. Выявлено, что наиболее эффективной является смесь этоксилата алкилфенола Неонол АФ 9-6 с додецилсульфатом натрия, взятых в соотношении 3:1 масс. При суммарной концентрации смеси ПАВ в водной фазе 0,04% и объемном соотношении вода-гексан 1:3 удалось получить высококонцентрированную устойчивую прямую эмульсию.

#### Список литературы

1. Katepalli H. Formation and stability of emulsions: effect of surfactant- particle interactions and particle shape: Dissertation for doctor of philosophy in chemical engineering degree. –Rhode Island, 2014. –С.70.
2. Binks B.P., Desforges A., Duff D.G. Synergistic stabilization of emulsions by a mixture of surface-active nanoparticles and surfactant // *Langmuir*. – 2007. – Vol. 23.– P.1098-1106. doi 10.1021/la062510y.
3. Lv G., Wang F., Cai W. Influences of addition of hydrophilic surfactants on the W/O emulsions stabilized by lipophilic surfactants // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. –2014. – Vol. 457. – P.441-448.
4. Etienne G., Kessler M., Amstad E. Influence of Fluorinated Surfactant Composition on the Stability of Emulsion Drops // *Macromolecular Chemistry and Physics*. – 2017. – Vol. 218. – P. 1-10.
5. Ushikubo F., Cunha R. Stability mechanisms of liquid water-in-oil emulsions // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – Vol. 34. – P.145-153. doi 10.1016/j.foodhyd.2012.11.016.
6. Королева М. Ю., Наговицына Т. Ю., Быданов Д.А., Юртов Е.В. Прямые наноэмульсии, стабилизированные смесями неионогенных ПАВ // *Бутлеровские сообщения*. –2014. –Т.38. №4. – С. 119–125.

7. Семихина Л.П., Москвина Е.Н, Кольчевская И.В. Явление синергизма в смесях поверхностно-активных веществ// Вестник Тюменского государственного университета. – 2012. № 5. – С. 85-91. doi 10.0000/cyberleninka.ru/article/n/yavlenie-sinergizma-v-smesyah-poverhnostno-aktivnyh-veschestv.

8. Иванова Н.И., Парфенова А.М., Амелина Е.А. Взаимодействие неполярных поверхностей в растворах смесей катионного и неионного ПАВ. // Вестник Московского Университета. – 2007. –Т. 48. №3. – С.182-187.

9. Холмберг К. Поверхностно- активные вещества и полимеры в водных растворах. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2007. – 528 с.

10. Плетнева М.Ю. Косметические кремы и эмульсии: состав, получение методы испытаний. – М.: Фирма Кламель. – 2004. - 267 с.

**Н.А Глухарева<sup>1</sup>, А.С. Қазбаева<sup>2</sup>, А.О. Адильбекова<sup>2</sup>, А.Б. Ертаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белгород мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті, Белгород, Ресей

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

### **Беттік-активті қоспалардың эмульсиялардың тұрақтылығына әсері**

**Аннотация.** Жұмыста жеке беттік-активті заттар (БАЗ) натрий додецилсульфат және Неонол АФ9-6-ының және олардың қоспаларының эмульсиялаушы әсері зерттелді. Жеке БАЗ сулы ерітінділерінің беттік керілу изотермалары зерттелді. Эмульсиялардың тұрақтылығын фазалардың бөліну уақыты бойынша бағалады. Жеке БАЗ ерітінділері тұрақты эмульсиялардың пайда болуына ықпал етпейтіні анықталды. Су– гексан эмульсиясын алу үшін анионды БАЗ NaDDS пен гидрофобтылығы жоғары ионгенді емес БАЗ Неонол АФ 9-6 қоспалары тиімді екендігі және олардың синергетикалық әсері көрсетілген. Натрий додецилсульфаты және Неонол АФ 9-6 БАЗ қоспаларымен тұрақтандыру кезінде тура эмульсиялар түзіледі. Түзілген эмульсиялардың типі зертханалық оптикалық микроскоптың көмегімен суда және майда ерітін бояғыштар - метилоранж және Судан IV қосу арқылы анықталды. 3:1(масс.) қатынасында алынған натрий додецилсульфаты мен Неонол АФ 9-6 қоспасы ең тиімді болып табылды. Су фазасындағы БАЗ қоспасының концентрациясы 0,04% және су–гексан 1:3 көлемдік арақатынасында жоғары концентрацияланған тұрақты тура эмульсия түзіледі.

**Түйін сөздер:** эмульсия, беттік- активті зат, натрий додецилсульфаты, АФ 9-6 Неонол, эмульсияның тұрақтылығы.

**N. A. Glukhareva<sup>1</sup>, A.S. Kazbayeva<sup>2</sup>, A.O. Adilbekova<sup>2</sup>, A.B. Yertayeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Belgorod State University, Belgorod, Russia

<sup>2</sup>al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

### **Effect of surfactant mixtures on the stability of emulsions**

**Abstract.** The emulsifying effect of individual surfactants of sodium dodecyl sulfate and Neonol AF9-6 and their mixtures were studied. The isotherms of surface tensions of water solutions of individual surfactants were studied. Emulsions stability was evaluated by the phase separation time. It was found that solutions of individual surfactants do not contribute to the formation of stable emulsions. The mixtures of anionic surfactant NaDDS with the more hydrophobic nonionic surfactant Neonol AF 9-6 are more effective in preparation of water-hexane emulsion and their synergetic action was shown. It was found that emulsions of the direct type are formed at stabilizing with sodium dodecyl sulfate and Neonol AF 9-6 surfactant mixtures. The type of emulsions was determined using a laboratory optical microscope after adding water and oil-soluble dyes – methyl orange and Sudan IV. It was found that the most effective is a mixture of Neonol AF 9-6 with sodium dodecyl sulfate taken in a ratio of 3:1 (wt.). At the total concentration of the surfactant mixture in the aqueous phase of 0.04% and the volume ratio of water-hexane 1: 3, it was possible to obtain a highly concentrated stable direct emulsion.

**Key words:** emulsion, surfactant, sodium dodecyl sulfate, Neonol AF 9-6, stability of emulsion.

## References

1. Katepalli H. Formation and stability of emulsions: effect of surfactant- particle interactions and particle shape. Dissertation for Doctor of Philosophy in Chemical Engineering Degree, Rhode Island, USA. P. 70 (2014)
2. Binks B., Desforges A., Duff D. Synergistic stabilization of emulsions by a mixture of surface-active nanoparticles and surfactant, *Langmuir*, 23, 1098-1106 (2007).
3. Lv G., Wang F., Cai W. Influences of addition of hydrophilic surfactants on the W/O emulsions stabilized by lipophilic surfactants, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 457, 1098-1106 (2014).
4. Etienne G., Kessler M., Amstad E. Influence of Fluorinated Surfactant Composition on the Stability of Emulsion Drops, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 218, 1-10 (2017).
5. Ushikubo F., Cunha R. Stability mechanisms of liquid water-in-oil emulsions, *Food Hydrocolloids*, 34, 145-153 (2014).
6. Koroleva M. Yu., Nagovitsyna T. Yu., Bydanov D. A., Yurtov E. V. Pryamye nanoemul'sii, stabilizirovannyye smesyami neionogennykh PAV [Direct nanoemulsions stabilized with mixtures of non-ionic surfactants], *Butlerovskie soobshcheniya*, [Butler's reports], 38 (4), 119-125 (2014).
7. Semihina L. P., Moskvina E. N., Kolchevska I. V. Yavlenie sinergizma v smesyah poverhnostno-aktivnykh veshchestv [Synergism phenomenon in mixtures of surfactants], *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tyumen state University], 105, 85-91 (2012).
8. Ivanova N. I. Parfenova M. A., Amelina E. A. Vzaimodejstvie nepolyarnykh poverhnostej v rastvorah smesey kationnogo i neionnogo PAV [Interaction of nonpolar surfaces in solutions of cationic and nonionic surfactants mixtures], *Vestnik Moskovskogo Universiteta* [Bulletin of The Moscow University], 48 (3), 182-187 (2007).
9. Holmberg K. Poverhnostno- aktivnye veshchestva i polimery v vodnykh rastvorah [Surfactants and polymers in aqueous solutions] (BINOM. Laboratoriya znaniy, Moscow, 2007, 528 p) [in Russian].
10. Kutz G. Kosmeticheskie kremy i emul'sii: sostav, poluchenie metody ispytaniy [Cosmetic creams and emulsions: composition, preparation test methods] (Klavel', Moscow, 2004, 267 p) [in Russian].

### Сведения об авторах:

*Глухарева Н.А.* – автор для корреспонденции, кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии Института Фармации, Химии и Биологии Белгородского Государственного Национального Исследовательского Университета, ул. Победы, 85, Белгород, Россия.

*Казбаева А.С.* – магистр естественных наук Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, г. Алматы, Казахстан.

*Адильбекова А.О.* – кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической, коллоидной химии и технологии редких элементов Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, г. Алматы, Казахстан.

*Ертаева А.Б.* – докторант, преподаватель кафедры аналитической, коллоидной химии и технологии редких элементов Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, г. Алматы, Казахстан.

*Glukhareva N. A.* – corresponding author, candidate of chemical Sciences, associate Professor, Department of General chemistry, Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology, Belgorod State University, 85 Pobedy street, Belgorod, Russia.

*Kazbayeva A.S.* – master of natural sciences of al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

*Adilbekova A.O.* – candidate of chemical sciences, associate professor of analytical, colloid chemistry and technology of rare elements of al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

*Yertayeva A.B.* – PhD. student, teacher of analytical, colloid chemistry and technology of rare elements of al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.