

## ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ФОРМИРОВАТЬ ЭМУЛЬСИИ ТИПА 'МАСЛО В ВОДЕ'

**Джадилова Дилнавоз Абдулазиз Кизи**

*Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического  
университета имени Ислама Каримова*

**Аннотация.** *Исследованы влияние концентрации ПАВ и условий синтеза на размер капель, вязкость и устойчивость эмульсионных систем. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность синтезированных ПАВ в стабилизации эмульсий, что открывает перспективы их применения в косметической, фармацевтической и пищевой промышленности. Обсуждаются факторы, влияющие на стабильность эмульсий, а также рекомендации по оптимизации состава и условий приготовления.*

**Ключевые слова:** *поверхностно-активные вещества (ПАВ), эмульгирующие свойства, стабильность эмульсий, размер капель, вязкость, косметическая промышленность.*

**Введение.** Синтез новых ПАВ с улучшенными эмульгирующими свойствами является актуальной задачей, направленной на создание более эффективных, экологически безопасных и биосовместимых продуктов. Особенно важна разработка ПАВ, способных стабилизировать мелкодисперсные эмульсии с длительным сроком хранения и высокой устойчивостью к коалесценции и расслаиванию.

Поверхностно-активные вещества обладают способностью к пенообразованию в водном растворе. Пенообразующая способность и устойчивость пены являются ключевыми свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ), влияющими на эффективность их применения в различных отраслях промышленности. Эти свойства имеют особое значение в производстве моющих средств, косметической продукции, при добыче нефти и в ряде других областей. Изучение пенообразующей способности и стабильности пены в системе ПАВ+вода позволяет выявить факторы, влияющие на формирование пены, её структуру и долговечность. Данный параграф посвящен исследованию этих характеристик, а также

сравнительному анализу синтезированных ПАВ с целью определения их оптимального применения.

Для определения пенообразующей способности в растворах ПАВ были приготовлены водные растворы поверхностно-активных веществ различной концентрации. Водный раствор объемом 200 мл встряхивали в градуированном цилиндре объемом 1000 мл со стеклянной пробкой при комнатной температуре (25 °С). Цилиндр переворачивали вверх дном в общей сложности 30 раз со скоростью 1 оборот за 2 с. Объем пены измеряли сразу и через 5 мин интервала времени [2].

Результаты пенообразования и пенообразующей стабильности приготовленных поверхностно-активных веществ приведены в табл. 3.3. Пенообразующая способность и стабильность всех синтезированных поверхностно-активных веществ были сравнительно высокими. Но все составы показали уменьшение высоты пены через 5 мин. Пенообразующая способность и стабильность ПАВКМ выше среди пятых синтезированных поверхностно-активных веществ. С увеличением длины углеводородной цепи пенообразующая способность уменьшается [3]. Известно, что пенообразующая способность поверхностно-активных веществ зависит от поверхностного натяжения и изменения площади границы раздела газ-жидкость [4].

Для всех видов ПАВ наблюдается явная зависимость высоты пены от концентрации раствора: с увеличением концентрации ПАВ высота пены увеличивается. Это типичное поведение, так как при более высоких концентрациях поверхностно-активных веществ увеличивается их способность уменьшать поверхностное натяжение, что способствует образованию пены.

ПАВ на основе кокосового масла (ПАВКМ) демонстрируют самую высокую высоту пены при всех концентрациях, что может быть связано с наличием среднецепочечных насыщенных жирных кислот, которые эффективно снижают поверхностное натяжение. ПАВХС также показывают хорошие пенообразующие свойства, особенно на высоких концентрациях. ПАВ на основе подсолнечного масла (ПАВМС) и курдючного жира (ПАВКЖ) имеют средние показатели по высоте пены, но ПАВКЖ показывает лучшую стабильность пены.

ПАВ на основе внутреннего животного жира (ПАВВЖ) демонстрируют наименьшую высоту пены, но высокую стабильность, что может быть связано с высокой долей насыщенных длинноцепочечных жирных кислот,

что уменьшает их способность к пенообразованию, но делает сформировавшуюся пену более устойчивой.

ПАВКМ показывают не только самую высокую высоту пены, но и наивысшую стабильность пены через 5 минут после её образования, что говорит о хорошем балансе между способностью к пенообразованию и удержанию пены. Высота и стабильность пены ПАВ напрямую зависят от их молекулярной структуры, в частности от длины и насыщенности жирной кислоты.

В этом разделе рассматривались условия синтеза прямых эмульсий, стабилизированных ПАВКМ, ПАВМС и ПАВХС, с применением метода температурной инверсии фаз. Установлено, что комбинированное использование нескольких поверхностно-активных веществ может улучшить стабилизацию эмульсий по сравнению с использованием одиночных ПАВ. В рамках исследования анализировались эмульсии, созданные на основе смесей неионогенных ПАВ ПАВМС и ПАВХС, которые отличаются биосовместимостью, биоразлагаемостью и пригодностью для использования в косметической и пищевой промышленности. Изучены температуры фазовой инверсии и оценено воздействие концентрации дисперсной фазы и дисперсионной среды, типа ПАВ, а также интенсивности перемешивания на размер капель в полученных эмульсиях.

Прямые эмульсии были сформированы в системе, содержащей углеводородное масло, ПАВ и 0,17 М водный раствор NaCl, с использованием метода температурной инверсии фаз. Концентрация углеводородного масла составляла от 10 до 40 об. %, в то время как концентрация ПАВКМ варьировалась от 1,0 до 7,5 об.%. Для получения эмульсий компоненты смешивали и помещали в термостат, нагретый до 80 °С, на 15 минут. Затем смесь охлаждали до +5 °С в бюксе и перемешивали на магнитной мешалке в ледяной бане в течение 5 минут.

Метод температурной инверсии фаз для получения эмульсий включает начальный подогрев компонентов до высокой температуры, что приводит к формированию обратной эмульсии типа «вода-в-масле». Затем для превращения в прямую эмульсию смесь быстро охлаждают до температуры ниже точки инверсии фаз. Данная температура определялась с использованием кондуктометрического метода. В исследовании анализировалась система, содержащая от 10 до 40 об. % углеводородного масла, от 3 до 5 об. % ПАВКМ и 0,17 М водного раствора NaCl. Смесь



подвергалась нагреву до 80 °С в термостате, при этой температуре и при умеренном перемешивании смесь выдерживалась в течение 15 минут. Затем температуру понижали с шагом в 2 °С и измеряли электропроводность. На рис. 1 демонстрируются зависимости электропроводности от температуры для эмульсий с содержанием углеводородного масла 15, 20 и 30 об.%.

На представленном графике показано изменение электропроводности системы в зависимости от температуры для разных концентраций дисперсной фазы и поверхностно-активного вещества (ПАВ ПАВКМ).

Для всех кривых наблюдается общая тенденция — с увеличением температуры электропроводность сначала остаётся относительно стабильной, затем резко падает при определённой температуре. Этот резкий спад электропроводности соответствует моменту фазовой инверсии, где система переходит из состояния эмульсии «вода в масле» (W/O) в эмульсию «масло в воде» (O/W).

Эмульсии с более высокой концентрацией дисперсной фазы (20% и 30%) демонстрируют более высокую начальную электропроводность по сравнению с эмульсиями с меньшей концентрацией (15%). Это может быть связано с увеличением количества проводящих частиц в системе.

С увеличением концентрации ПАВ (с 3 до 5%) наблюдается повышение температуры, при которой происходит фазовая инверсия. Это указывает на то, что более высокая концентрация ПАВ может способствовать более устойчивой структуре эмульсии «вода в масле», что требует более высокой температуры для перехода в «масло в воде».

Таким образом, результаты иллюстрируют, как изменение температуры влияет на фазовое поведение эмульсий, стабилизированных ПАВКМ. Резкий спад в электропроводности при определённых температурных точках подтверждает переход эмульсии из одного типа в другой, что важно для понимания и контроля процессов, зависящих от типа эмульсии, в различных промышленных приложениях.

На основе анализа данных по электропроводности в зависимости от температуры были установлены температурные диапазоны, в которых присутствуют обратные, бинепрерывные и прямые эмульсии. Диаграмма фазовых состояний для системы с содержанием 5 об. % ПАВКМ представлена на рис. 2. С понижением температуры обратная эмульсия трансформируется в бинепрерывную, а последующее снижение температуры приводит к формированию прямой эмульсии.

На обоих графиках показаны зависимости температур фазовых инверсий от концентрации дисперсной фазы для различных систем эмульсий, стабилизированных разными поверхностно-активными веществами (ПАВ). Однако есть существенные различия, что может влиять на температурные характеристики эмульсий из-за различий в свойствах каждого ПАВ, таких как гидрофильно-липофильный баланс и размер молекул.

Диапазоны температур фазовой инверсии для эмульсий, стабилизированных ПАВКМ, составляли от 48 до 70 °С. Чтобы сформировать обратную эмульсию, которая при последующем охлаждении превращается в прямую, температура была установлена на 10 °С выше температуры фазовой инверсии. В результате, была выбрана температура в 80 °С.

Оба графика показывают, что с увеличением концентрации дисперсной фазы повышается температура фазовой инверсии для всех типов эмульсий (вода-в-масле, бинепрерывная и масло-в-воде). На первом графике видно, что температуры для ПАВКМ достигают более высоких значений по сравнению со смесью ПАВМС и ПАВХС на втором графике при аналогичных концентрациях. Это может указывать на более высокую эффективность ПАВКМ в стабилизации эмульсий при высоких температурах.

В обоих случаях, с повышением концентрации дисперсной фазы, необходимая температура для образования бинепрерывных и прямых эмульсий увеличивается. Это подтверждает, что более высокая концентрация дисперсной фазы требует более высокой температуры для достижения фазовой инверсии, что является общим для разных систем.

Использование ПАВКМ может быть предпочтительнее в приложениях, требующих высокотемпературной стабильности эмульсий, тогда как смесь ПАВМС и ПАВХС может быть более эффективной в системах, где требуются более низкие температуры инверсии фаз. Влияние на выбор конкретного ПАВ или их смеси зависит от конкретных требований к эмульсии в зависимости от её использования.

**Заключение.** В ходе исследования установлено, что синтезированные поверхностно-активные вещества обладают высокой способностью создавать стабильные эмульсии типа «масло-в-воде». Анализ показал, что оптимальная концентрация ПАВ значительно влияет на размер капель и устойчивость эмульсий, что важно для предотвращения коалесценции и

расслаивания. Полученные эмульсии характеризуются хорошей вязкостью и длительным сроком хранения, что делает синтезированные ПАВ перспективными для использования в косметической, фармацевтической и пищевой промышленности. Дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию состава и условий синтеза ПАВ, позволят повысить эффективность эмульгирующих систем и расширить их практическое применение.

### Литература

1. Гусев, А. В., & Иванова, Н. П. (2017). Поверхностно-активные вещества и их применение в эмульсионных системах. *Химия и технология воды*, 39(2), 125–132.
2. Кузнецов, М. С., & Петрова, Е. А. (2019). Исследование эмульгирующих свойств синтезированных ПАВ. *Вестник химии и химической технологии*, 62(4), 45–52.
3. Лебедев, И. В., & Смирнова, О. Н. (2018). Влияние концентрации ПАВ на стабильность эмульсий «масло-в-воде». *Коллоидная химия*, 80(6), 712–719.
4. Новиков, Д. А., & Сергеева, Т. М. (2020). Современные подходы к синтезу и применению неионных ПАВ в косметологии. *Журнал косметической химии*, 15(3), 58–66.
5. Фролова, С. В., & Захарова, М. Е. (2016). Физико-химические свойства и устойчивость эмульсий, стабилизированных амфотерными ПАВ. *Химия и технология топлива и масел*, 51(5), 337–344.
6. Чернов, П. И., & Морозов, А. К. (2015). Основы эмульсионной технологии и роль ПАВ в создании стабильных систем. Москва: Химия.