

УДК: 547.913:661.183

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ
МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ В РАСТВОРАХ ПАВ****Мирхамитова Дилором Худайбердиевна¹**

¹ Профессор, декан факультета металлургии и химической технологии
Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета
имени Ислама Каримова

Джадилова Дилнавоз Абдулазиз Кизи¹

¹ Профессор, декан факультета металлургии и химической технологии
Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета
имени Ислама Каримова

**ИНФОРМАЦИЯ О
СТАТЬЕ****АННОТАЦИЯ:****ИСТОРИЯ СТАТЬИ:**

Received: 18.06.2025

Revised: 19.06.2025

Accepted: 20.06.2025

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА:**

поверхностно-активные вещества (ПАВ), критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), мицеллообразование, измерение поверхностного натяжения, электропроводность, оптическая плотность, структура ПАВ, температура раствора.

В статье рассматриваются методы определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ). Анализируются различные экспериментальные подходы, включая измерение поверхностного натяжения, проводимости и оптической плотности растворов. Полученные данные позволяют оценить влияние структуры ПАВ, температуры и состава среды на значение ККМ. Точное определение ККМ является ключевым для понимания мицеллярных свойств ПАВ и оптимизации их применения в моющих средствах, фармацевтике и других областях промышленности.

Введение. В таких агрегатах гидрофобные «хвосты» молекул ориентированы внутрь, а гидрофильные «головы» остаются снаружи, что позволяет им взаимодействовать с водной средой. Этот параметр тесно связан с молекулярной структурой ПАВ и их гидрофильно-липофильным балансом, влияя на способность вещества снижать поверхностное натяжение и растворять гидрофобные компоненты.

В этом разделе рассматриваются методы определения ККМ для синтезированных ПАВ и их растворов. Изучение этого параметра позволит определить, при каких концентрациях данные ПАВ могут эффективно действовать в качестве эмульгаторов и стабилизаторов в различных системах. Полученные данные станут важной основой для оценки их применимости в нефтедобывающей, косметической и других промышленных отраслях.

Для определения поверхностного натяжения ПАВ по методу Дю Нуи [1] используется установка с кольцом, динамометром и стаканом. Процедура включает измерение силы отрыва кольца от поверхности жидкости для эталонной воды и растворов ПАВ разной концентрации. Полученные данные используются для определения поверхностного натяжения.

Для определения точки помутнения ПАВ берут лабораторный образец массой 0,5 г с точностью до 0,01 г и помещают в коническую колбу. Затем 100 мл дистиллированной воды наливают в мерный цилиндр и тщательно перемешивают до полного растворения ПАВ. Из этого раствора отмеряют 15 мл и переливают в пробирку, в которую вводят термометр. Пробирку помещают в стакан и нагревают на нагревательном приборе, постоянно перемешивая, до появления мутных кольцеобразных зон. Фиксируют температуру помутнения, убедившись, что она не превышает заданное значение более чем на 10 °С. После этого пробирку медленно охлаждают, продолжая перемешивание, и регистрируют температуру, при которой мутные кольца исчезают. Таким образом проводятся последовательные измерения точки помутнения разбавлением исходного раствора несколько раз.

Методы определения ККМ основаны на наблюдении резких изменений физико-химических свойств растворов ПАВ при изменении их концентрации. Это связано с тем, что образование мицелл в растворе указывает на появление новой фазы, что вызывает заметные изменения в свойствах системы.

Один из таких методов включает измерение поверхностного натяжения растворов ПАВ при концентрациях ниже и выше ККМ. Построение графика зависимости

поверхностного натяжения от логарифма концентрации ПАВ позволяет определить ККМ как точку пересечения двух различных кривых на графике.

В предварительно взвешенных стаканах готовят 10 растворов ПАВ различных концентраций, включая ожидаемую ККМ. Масса каждого раствора точно 50 г достигается разбавлением исходного раствора ПАВ массовой концентрации 200 мг/дм³.

Для приблизительного определения области ККМ температуру водяной бани поддерживают в пределах $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ или на 5°C выше точки Крафта для анионных ПАВ. Для неионных ПАВ измерения проводят при $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. В каждом стакане с раствором, накрытом часовым стеклом, измеряют поверхностное натяжение согласно инструкции к тензиометру.

Для анализа результатов строится график зависимости поверхностного натяжения от концентрации, где выделяется область, содержащая ККМ. Затем подготавливаются шесть новых растворов ПАВ, и в течение 3 часов измеряется их поверхностное натяжение с интервалами в 15 минут. На основе полученных данных создается график зависимости поверхностного натяжения от концентрации, и из этой кривой определяется ККМ.

Кривая зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворов синтезированных ПАВ с концентрацией от 0 до 2% по массе изображена на рис.1.

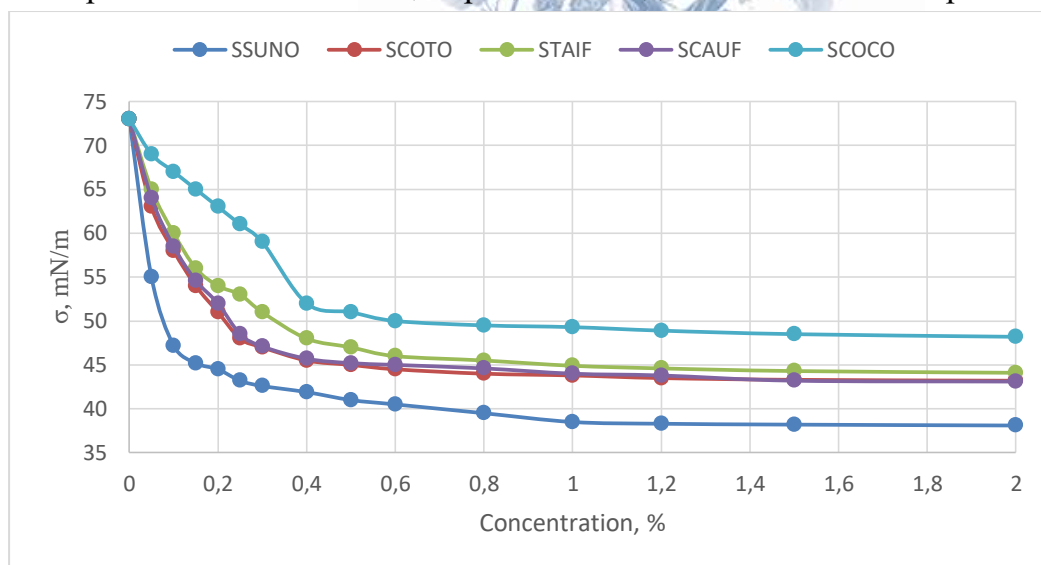


Рис. 1. Изменение поверхностного натяжения растворов ПАВ (25°C).

Зависимость поверхностного натяжения (σ), иллюстрированная на рис. 3.1, демонстрирует линейное снижение поверхностного натяжения при увеличении концентрации. Это объясняется ростом адсорбции молекул поверхностно-активных веществ на границе раздела воздуха и воды, после чего достигает стабильного уровня [2] при значениях: 38.1; 43.2; 44.1; 43.1 и 48.2 мН/м для ПАВМС, ПАВХС, ПАВКЖ, ПАВВЖ и ПАВКМ, соответственно.

Соединение ПАВКМ проявляет наивысшее значение поверхностного натяжения. Значимость размера гидрофобной алкильной цепи в контексте снижения поверхностного натяжения воды подтверждается. Интересно отметить, что как КМЦ, так и поверхностное натяжение синтезированных поверхностно-активных веществ значительно уменьшаются. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что увеличение длины алкильной цепи сопровождается уменьшением поверхностного натяжения. Наблюдаемое увеличение поверхностного натяжения для серий поверхностно-активных веществ с увеличением длины гидрофобной алкильной цепи находит объяснение в границе липофильно-липофильного баланса. Аффинность конкретного поверхностно-активного вещества к уменьшению поверхностного натяжения раствора зависит от соотношения ГЛБ; чем выше данная величина, тем выше тенденция амфифильных молекул к уменьшению поверхностного натяжения системы [3]. Таким образом, синтезированное поверхностно-активное вещество ПАВМС обладает максимальной эффективностью, в то время как ПАВКМ проявляет минимальную способность снижать поверхностное натяжение водной системы.

Определение критической концентрации мицеллообразования (ККМ) поверхностно-активных веществ представляет собой важный аспект в химии и технологии поверхностно-активных веществ. ККМ — это концентрация ПАВ в растворе, при которой молекулы ПАВ начинают самосборку в мицеллы, что существенно изменяет их поведение и свойства раствора. Определение ККМ играет ключевую роль в разработке и применении ПАВ, влияя на качество конечного продукта, его экономическую и экологическую выгоду [4].

Для анализа связи между значениями ККМ и другими характеристиками ПАВ, такими как способность к пенообразованию и стабильность пены, сначала анализируются данные ККМ для различных образцов ПАВ. Значения ККМ (мг/л) определяются на основе зависимости поверхностного натяжения от логарифма концентрации ПАВ в растворе, которые приводятся в табл. 1.

Таблица 1. ККМ и точка помутнения синтезированных ПАВ

Образец	ПАВМС	ПАВХС	ПАВКЖ	ПАВВЖ	ПАВКМ
ККМ ₁	18,7	15,6	17,1	23,5	15,3
ККМ ₂	36,7	31,2	36,9	73,2	28,8
СР, °С	58-60	57-59	69-71	72-74	54-56

Табл. 1 представляет значения ККМ и точки помутнения (СР) для различных образцов синтезированных поверхностно-активных веществ (ПАВ). ККМ₁ варьируется от 15,3 мг/л (ПАВКМ) до 23,5 мг/л (ПАВВЖ), что указывает на разную способность к мицеллообразованию в зависимости от структуры ПАВ.

ККМ₂ значительно выше, варьируясь от 28,8 мг/л (ПАВКМ) до 73,2 мг/л (ПАВВЖ), что может быть связано с изменением температуры, концентрации или других экспериментальных условий.

Образцы ПАВХС и ПАВКМ имеют наименьшие значения ККМ₁ (15,6 и 15,3 мг/л соответственно), что свидетельствует о высокой эффективности мицеллообразования при низких концентрациях.

Образец ПАВВЖ имеет наибольшие значения ККМ₁ и ККМ₂ (23,5 и 73,2 мг/л соответственно), указывая на более высокую концентрацию, необходимую для образования мицелл.

Анализ данных табл. 3.2 показывает, что синтезированные ПАВ имеют различные значения ККМ и точки помутнения, что отражает их уникальные физико-химические свойства. Эти различия могут быть использованы для оптимизации применения ПАВ в зависимости от требований конкретных процессов и условий эксплуатации.

Анализ точек помутнения (СР, Cloud Point) для различных образцов ПАВ показывает, что образец ПАВВЖ имеет самую высокую точку помутнения (72-74 °С) и самые высокие значения ККМ (23,5 и 73,2), что свидетельствует о том, что для формирования мицелл требуется более высокая концентрация ПАВ и более высокая температура. Это может быть связано с молекулярной структурой этого ПАВ, которая требует большей энергии (температуры) для преодоления гидрофобных взаимодействий и формирования мицелл.

ПАВКМ показывает самую низкую точку помутнения (54-56 °С) и относительно низкие значения ККМ (15,3 и 28,8). Это указывает на легкость формирования мицелл и хорошую растворимость ПАВ при более низких температурах, что делает его потенциально более подходящим для применения в условиях, где требуются более низкие рабочие температуры.

Температура помутнения является важным параметром для понимания термической стабильности и поведения ПАВ в растворе. Образцы с более низкой точкой помутнения и ККМ обладают лучшей растворимостью и могут эффективно формировать мицеллы при более низких температурах, что делает их предпочтительными для применений в холодной среде. Образцы с более высокими значениями этих параметров требуют более высоких температур для достижения оптимальной функциональности, что следует учитывать при выборе ПАВ для специфических промышленных процессов.

Заключение. В ходе исследования были рассмотрены и проанализированы основные методы определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в растворах поверхностно-активных веществ. Экспериментальные данные подтвердили, что ККМ зависит от химической структуры ПАВ, температуры и состава среды. Точное определение ККМ является важным этапом для понимания мицеллярного поведения ПАВ и оптимизации их использования в различных промышленных и биомедицинских приложениях. Дальнейшее совершенствование методик измерения и изучение влияния дополнительных факторов позволят повысить эффективность и экологическую безопасность ПАВ в промышленности.

Литература:

1. Васильев, В. А., & Козлов, И. В. (2017). Методы определения критической концентрации мицеллообразования в растворах ПАВ. *Журнал физической химии*, 91(3), 478–485.
2. Иванова, Н. П., & Смирнов, А. В. (2018). Влияние температуры и состава среды на ККМ поверхностно-активных веществ. *Коллоидная химия*, 80(5), 634–641.
3. Петров, С. В., & Кузнецова, М. Н. (2019). Современные методы исследования мицеллообразования ПАВ. *Химия и технология топлива и масел*, 54(4), 123–130.
4. Сидоров, Ю. А., & Лебедев, И. В. (2020). Оптические и электрофизические методы изучения мицеллообразования. *Физика растворов и коллоидов*, 22(1), 45–52.
5. Чернов, П. И. (2015). Поверхностно-активные вещества: структура и свойства. Москва: Химия.