

МОРФОЛОГИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ МОНО-*n*-(1, 1, 3, 3-ТЕТРАМЕТИЛБУТИЛ) ФЕНИЛОВОГО ЭФИРА ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ, СОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦЫ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

© 2021 г. О. А. Федяева^{а,*}, Е. Г. Пошелюжная^а^а Омский государственный технический университет, Омск, Россия

*e-mail: kosatine@mail.ru

Поступила в редакцию 01.02.2021 г.

После доработки 01.02.2021 г.

Принята к публикации 14.02.2021 г.

Методами оптической микроскопии и УФ-спектроскопии исследованы морфология и оптические свойства эмульсий на основе моно-*n*-(1,1,3,3-тетраметилбутил) фенилового эфира полиэтиленгликоля, содержащих наночастицы сульфида кадмия. Установлено, что наночастицы не изменяют эллипсоидальную форму микрокапель эмульсии. Они располагаются в кольцах из связанной оксиэтиленовыми цепочками воды, окружающих микрокапли. Сдвиг максимума оптического пропускания в УФ-спектре эмульсий подтвердил химическое взаимодействие мицелл с синтезированными частицами.

Ключевые слова: тритон X-100, эмульсии, сульфид кадмия, размер частиц, спектр пропускания

DOI: 10.31857/S0044453721100071

При изучении морфологии мицелл неионного поверхностно-активного вещества моно-*n*-(1,1,3,3-тетраметилбутил)фенилового эфира полиэтиленгликоля (коммерческое название Тритон X-100) в водных растворах и эмульсиях нами было установлено, что они имеют форму вытянутых эллипсоидов вращения, окруженных кольцом из связанной оксиэтиленовыми цепочками воды [1]. На поверхности капель основной эмульсии располагаются более мелкие капли в виде слоев, которые смыкаются на концах главной оси эллипсоидов. Капли эмульсии соединяются между собой перемигками, внутренняя часть которых заполнена *n*-гексаном, а внешняя часть образована из связанной НПАВ воды.

Целью данной работы явилось исследование морфологии и оптических свойств эмульсий системы тритон X-100/*n*-гексан/вода при введении в них наночастиц сульфида кадмия.

Водные растворы НПАВ в области концентраций $(0.2-2.56) \times 10^{-3}$ моль/л готовили из коммерческого препарата Triton X-100 фирмы SIGMA-ALDRICH и деионизованной воды, полученной на приборе “Водолей”. Эмульсии с различной концентрацией НПАВ готовили добавлением 1 мл 0.1 М растворов Na₂S или CdCl₂ к 0.5 мл *n*-гексана и 5 мл раствора НПАВ. Синтез частиц сульфида кадмия осуществляли сливанием двух эмуль-

сий, содержащих растворы Na₂S и CdCl₂, с последующим перемешиванием в экстракторе ПЭ-8000 со скоростью 3000 об./мин в течение 5 мин. Приготовленную эмульсию переносили в грушевидную делительную воронку для разделения эмульсионного и водного слоев.

Морфологию капель дисперсной фазы водного слоя изучали методом оптической микроскопии на монокулярном микроскопе Биомед 2. Фото съемку изображений с окуляра выполняли с помощью фотокамеры с разрешением 3248 × 2448 пикселей.

Спектры пропускания водного слоя эмульсий регистрировали на спектрофотометре Specol 1500 с использованием кварцевой кюветы толщиной 1 см. Из спектров пропускания в области 235–260 нм определяли ширину запрещенной зоны и размеры синтезированных частиц с использованием формул [2]:

$$(\alpha E)^2 = A(E - E_R),$$

$$E = \hbar\omega = 2\pi\hbar c/\lambda,$$

$$\alpha = -\frac{\lg T}{l},$$

$$E_R = E_g + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* R^2},$$

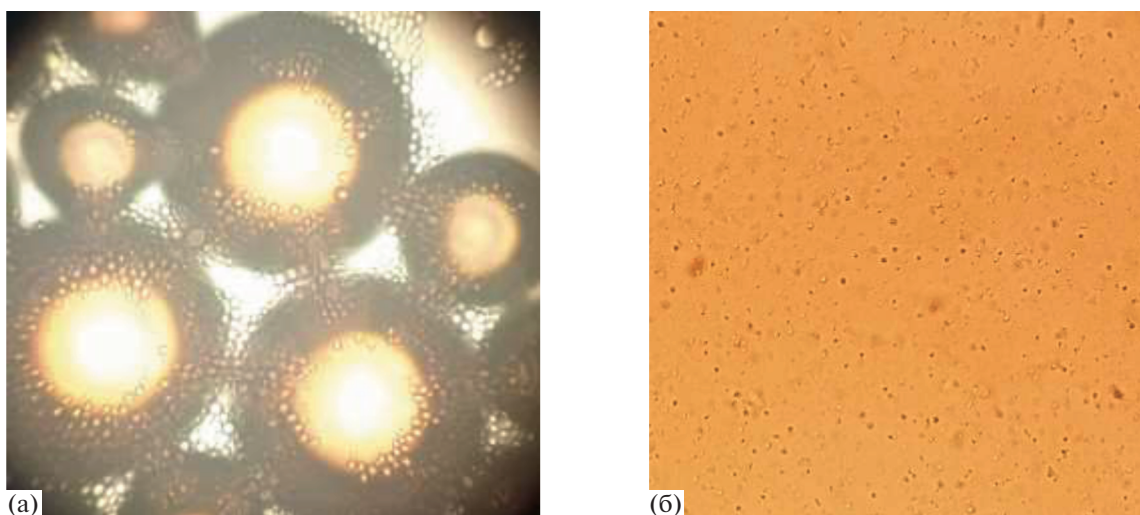


Рис. 1. Водная эмульсия Тритона X-100 при концентрации 1.6×10^{-3} моль/л, содержащая частицы CdS: а – исходная эмульсия; б – эмульсия после разрушения крупных микрокапель. Увеличение микроскопа 1600 крат.

где α – коэффициент поглощения; T – пропускание в относительных единицах; l – толщина поглощающего слоя в сантиметрах; E – энергия фотона, эВ; A – коэффициент, не зависящий от частоты падающего излучения; E_R – ширина запрещенной зоны полупроводника с размером частиц R ; E_g – ширина запрещенной зоны объемного полупроводника; m^* – приведенная масса экситона, \hbar – постоянная Планка; ω – частота падающего излучения; λ – длина волны; c – скорость света. Для CdS: $E_g = 2.5$ эВ и $m^* = 0.16m_e$ (m_e – масса электрона). Ширина запрещенной зоны и размер синтезированных частиц оказались равными 5.16 эВ и 9.4 \AA соответственно.

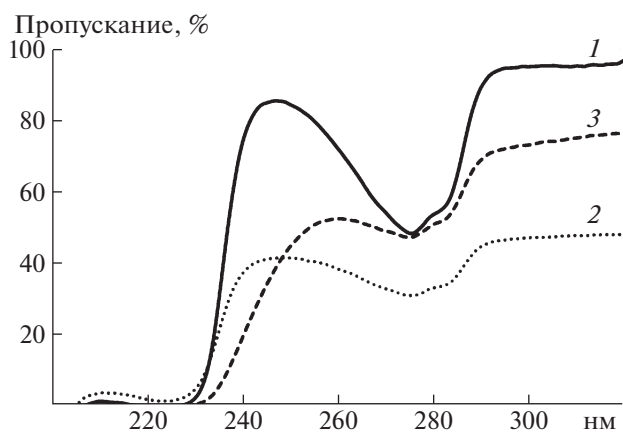


Рис. 2. Спектры пропускания водного раствора Тритона X-100 при концентрации 0.4×10^{-3} моль/л (1) и его эмульсий: исходной эмульсии (2); эмульсии с частицами CdS (3).

Согласно полученным данным, в системе тритон X-100 / *n*-гексан / вода большая часть синтезированных частиц после расслоения фаз эмульсий оказывается в органическом слое. Микроскопические исследования капель дисперсной фазы эмульсий показали, что частицы CdS располагаются в кольцах из связанной оксиэтиленовыми цепочками воды, окружающих ядра мицелл из *n*-гексана, а также находятся во внешнем слое перемычек, соединяющих кольца и ядра микрокапель (рис. 1а). После разрушения крупных микрокапель, содержащиеся в них частицы сульфида кадмия в виде агрегатов переходят в раствор (рис. 1б), а мелкие капли продолжают удерживать в себе синтезированные частицы.

Анализ спектров пропускания водных растворов и эмульсий Тритона X-100 показал, что интенсивность прошедшего света в эмульсиях, содержащих в своем составе частицы сульфида кадмия выше, чем в эмульсиях, не содержащих эти частицы (рис. 2). Возможно, встраивание в структуру микрокапель синтезированных частиц приводит к укрупнению мицелл, последующему разрушению эмульсий и увеличению прозрачности дисперсионной среды.

О химическом связывании частиц CdS и эмульсии НПАВ указывает смещение максимума при $\lambda = 246$ нм в спектрах пропускания, отвечающего светорассеянию на мицеллах в водных растворах и эмульсиях Тритона X-100 [2]. Так, при введении в эмульсию частиц CdS максимум светопропускания смещается в сторону больших длин волн и соответствует $\lambda = 260$ нм. Сравнение размеров частиц сульфида кадмия (9.4 \AA) с геометрическими параметрами эллипсоидальных мицелл Тритона X-100 (размеры полуосей $a = b = 11.4 \text{ \AA}$ и $c = 25.5 \text{ \AA}$) позволяет заключить, что син-

тезированные частицы могут встраиваться в структуру мицелл НПАВ и изменять состояние связанной оксиэтиленовыми цепочками воды [3, 4].

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что в системе тритон X-100/*n*-гексан/ вода при слиянии эмульсий, содержащих эквимольные растворы Na_2S и CdCl_2 , образуются частицы сульфида кадмия размером 9.4 Å. Частицы располагаются в кольцах из связанной оксиэтиленовыми цепочками воды, окружающих эллипсоидальные капли эмульсии. Сдвиг максимума оптического пропускания в спектре эмульсий Тритона X-100 при введении в них частиц сульфида кадмия указывает на хими-

ческое взаимодействие мицелл НПАВ с синтезированными частицами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовников С.И., Кожевникова Н.С., Гусев А.И. // Физика и техника полупроводников. 2011. Т. 45. № 12. С. 1621.
2. *Micellization, Solubilization, and Microemulsions* / Ed. by K.L. Mittal. Boston: Springer, MA, 1977.
3. Baglione M., Poggi G., Ciolli G. et al. // *Materials*. 2018. V. 11. P. 7.
4. Robson R.J. and Dennis E.A. // *J. Phys. Chem.* 1977. V. 81. P. 1075.