

УДК 544.77

КОЛЛОИДНЫЕ МИЦЕЛЛЫ И МИЦЕЛЛЯРНЫЕ РАСТВОРЫ

Салтымакова Е. Е., студентка гр. ХТб-201, 3 курс,
Научный руководитель: Цалко Е. В., к.х.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Термин «мицелла» (от лат. *mīsa* «крошечка») был введен немецким ботаником Карлом Вильгельмом Негели в 1858 году при описании процессов набухания целлюлозы в воде. Однако смысл, который вкладывал Негели в этот термин, существенно отличался от современного.

В привычном значении понятие «мицелла» употребил английский ученый Джеймс Уильям Мак-Бэн в дискуссии, опубликованной в 1913 году, то есть ровно сто лет назад, в «Трудах Фарадеевского общества». Под мицеллами Мак-Бэн понимал частицы, возникшие в результате ассоциации в водной среде дифильных ионов мыл поверхностно - активных веществ (ПАВ), что позволило Мак-Бэну интерпретировать данные об аномальной электропроводности водных растворов пальмитата натрия.

Концепция мицелл Мак-Бэна с трудом воспринималась вплоть до 1930-х годов. Ее всеобщему признанию во многом послужили труды Г. С. Гартли, где впервые была предложена конкретная модель мицеллы ионогенного ПАВ.

В настоящее время самоорганизующиеся системы на основе ПАВ, к перечню которых относятся и мицеллы, представляют собой непреходящий фундаментальный и практический интерес. Он основан на уникальном свойстве таких термодинамически устойчивых структур к включению в свой состав различных веществ (ферменты и другие катализаторы, лекарства, биологически активные вещества, загрязняющие вещества и др.), приводящему к формированию сложных физико-химических систем. Это делает мицеллы востребованными во всех областях жизни человека [1].

Цель работы: рассмотреть строение коллоидных мицелл и изучить пользу мицеллярных растворов.

Коллоидные системы играют важнейшую роль в жизни любого человека. Это связано не только с тем, что почти все биологические жидкости в живом организме образуют коллоиды. Многие природные явления, такие как туман, минералы, продукты питания, смог, почва, лекарственные средства тоже являются коллоидными системами.

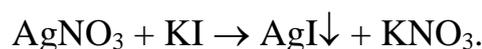
Единицей таких образований, которые отражают их состав и специфические свойства, принято считать макромолекулу, или мицеллу. Строение последней зависит от нескольких факторов, но это всегда многослойная частица. Современной молекулярно-кинетической теорией

коллоидные растворы рассматриваются в качестве частного случая истинных растворов, с более крупными частицами растворенного вещества.

Мицеллы - сложные эфиры жирных кислот, образующиеся при растворении ПАВ в воде. Они состоят из гидрофильной и гидрофобной части, первая из которых растворяется в водной основе, а вторая - в жировой.

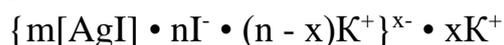
Мицелла – это сложное структурное образования, состоящее из агрегата, потенциалопределяющих ионов и противоионов. Средний размер мицелл составляет от 1 до 100 нм [2].

Рассмотрим строение мицеллы на примере йодида серебра, образованного методом химической конденсации при небольшом избытке йодида калия:



Последовательные шаги в составлении формулы мицеллы таковы:

1. Ядро мицеллы состоит из твердых частиц AgI , образующих агрегат - $m[\text{AgI}]$.
2. Потенциалопределяющие ионы адсорбируются на поверхности ядра; предположим, что для нашего примера их число равно n : $m[\text{AgI}] \cdot n\Gamma^-$. Ионы потенциалопределяющие – ионы, которые располагаются непосредственно на границе раздела контактирующих фаз при образовании двойного электрического слоя (ДЭС).
3. Затем следует слой противоионов. Их общее число так же равно n , некоторые из которых (x) из них образуют диффузный слой, остальные ($n - x$) вместе с ядром и потенциалопределяющими ионами составляют гранулу. Часть формулы, относящаяся к грануле мицеллы, заключают в фигурные скобки. Заряд гранулы в данной мицелле равен x^- . Таким образом, формула мицеллы золь хлорида серебра в избытке хлорид-ионов такова:



На рис.1 представлено строение мицеллы.

Согласно современной теории Штерна, слой противоионов состоит из двух частей. Одна часть примыкает непосредственно к межфазной поверхности и образует адсорбционный слой (слой Гельмгольца или плотный слой) толщиной δ , толщина адсорбционного слоя равна радиусу гидратированных ионов, его составляющих. Другая часть противоионов находится в диффузной части – диффузный слой (слой Луи) с потенциалом ϕ_δ , толщина диффузного слоя λ может быть значительной и зависит от свойств и состава системы. На рис.2 представлен двойной электрический обменный слой AgI по Штерну.

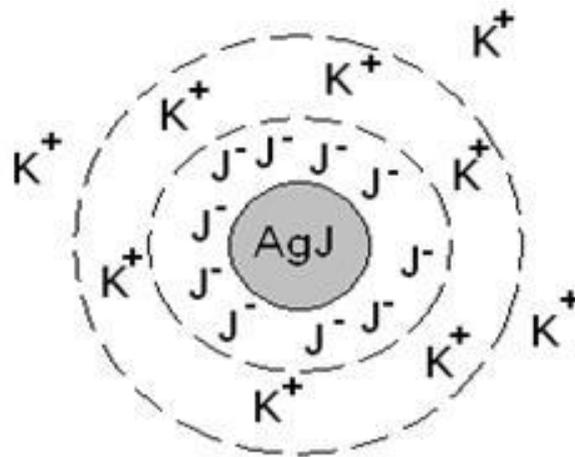


Рис.1 Структура мицеллы на примере йодида серебра
 1) Агрегат; 2) Потенциалопределяющие ионы; 3) Протоионы;
 4) Коагулирующие ионы

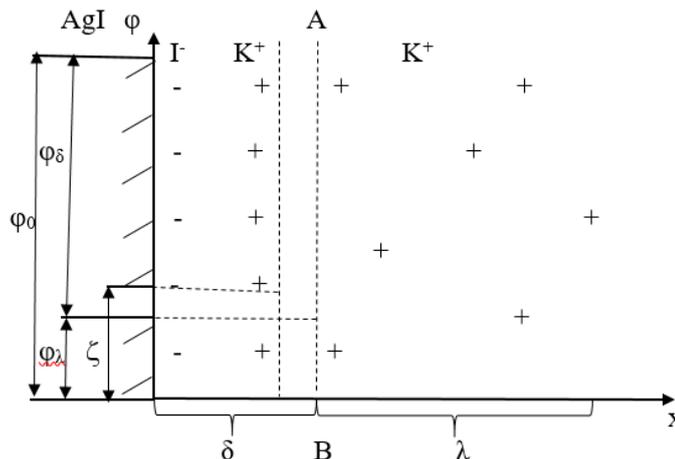


Рис.2 Двойной электрический обменный слой по Штерну

Относительное смещение фаз, независимо от его причины, приводит к разрыву ДЭС на границе скольжения (поверхности скольжения). Поверхность скольжения АВ должна проходить через расстояние или смещаться в глубь жидкой фазы. [3].

Потенциал, который возникает на границе скольжения, называется электрическим потенциалом или ζ (дзета) - потенциалом.

Важным количественным свойством мицеллярных растворов ПАВ является величина – критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Аналитическое ее определение основано на изучении различных свойств раствора (поверхностное натяжение, электропроводность, осмотическое давление и оптические свойства), которые резко изменяются в процессе образования мицелл. Поэтому ККМ представляет собой не некоторую конкретную величину, а некоторую область концентраций.

Рассмотрим график зависимости $\sigma = f(c)$.

Зависимость поверхностного натяжения раствора от его концентрации при постоянной температуре называется изотермой поверхностного натяжения. Для водных растворов различают три основных типа изотерм (рис.3).

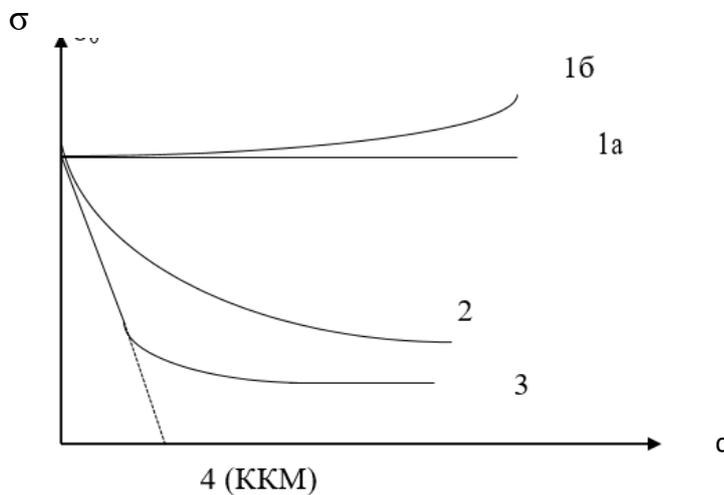


Рис.3 Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора

Первый тип изотерм (кривые 1a и 1б) образуют *поверхностно-инактивные вещества* (ПИВ). Это вещества, поверхностное натяжение которых при растворении остается неизменным или увеличивается незначительно.

Второй тип изотерм (кривая 2) образуют *поверхностно-активные вещества* (ПАВ). Это вещества, которые снижают при растворении поверхностное натяжение жидкости. Поверхностно-активные вещества менее полярны, чем чистый растворитель.

Третий тип изотермы (кривая 3) образуют *мицеллообразующие ПАВ* (мыла). Молекулы этих соединений содержат гидрофобные радикалы и сильно гидратирующуюся полярную группу. При определенной низкой концентрации (точка 4), называемой *критической концентрацией мицеллообразования* (ККМ), самопроизвольно образуются агрегаты из ориентированных молекул – *мицеллы*.

Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ, англ. critical micelle concentration, СМС) — концентрация поверхностно-активного вещества в растворе, при которой образуются устойчивые мицеллы [4].

Интересным и важным свойством водных растворов ПАВ с мицеллами является их способность растворять большие количества нерастворимых в воде углеводородов, таких как бензол и гептан, различные масла и липофильные твердые вещества со встроенными молекулами внутри мицеллы. Аналогичным образом, обратные мицеллы обладают способностью растворять полярные вещества (такие как вода) [5].

Мицеллярные растворы применимы во многих аспектах человеческой жизни:

1) Биологическое значение мицеллярных растворов ПАВ определяется, главным образом, способностью мицелл солубилизировать различные вещества. В последнее время мицеллы также рассматриваются в качестве модели биологических мембран из-за сходства некоторых свойств мембран и мицеллярных структур. Мицеллы солей желчных кислот играют важную роль в транспорте и адсорбции липидов, являются солубилизаторами холестерина, обеспечивают вывод лекарств из организма.

2) Мицеллы все чаще используются в качестве модельных систем, поскольку они термодинамически стабильны, имеют простую структуру, а поверхность раздела между мицеллой и раствором похож на поверхность раздела монослоя, мембраны или адсорбированного слоя. Можно рассматривать мицеллу как монослой, замкнутый на себя. Поэтому мицеллярные системы особенно полезны при постановке и разрешении многих проблем, касающихся структуры микроокружения в системах с развитой поверхностью раздела. Основное достоинство мицеллярных растворов — относительная легкость применения различных экспериментальных методик, используемых при изучении растворов, но трудно применимых к реальным поверхностям и мембранам [6].

3) Вытеснение нефти мицеллярными растворами, веществами с очень низким межфазным натяжением на границе раздела нефть-вода, является одним из перспективных методов возобновления эффективной разработки полностью обводненных месторождений. Например, нефть обычно не растворима в воде и растворах ПАВ, но становится растворимой в мицеллярных системах ПАВ-вода.

4) Оказалось возможным использование мицелл в качестве модельных коллоидов для изучения многих вопросов, которые представляют общий интерес с точки зрения коллоидной науки. Основные причины этого заключаются в том, что многие мицеллярные системы являются термодинамически устойчивы и характеризуются общностью многих мицеллярных систем, простотой структур мицелл и свойствами поверхности. Ионные мицеллы особенно подходят для изучения электростатических взаимодействий [7].

5) Мицеллярная вода относится к классу ПАВ, с которыми мы сталкиваемся постоянно. Они отвечают за очищающие свойства шампуней, гелей для умывания и гелей для душа, стиральных порошков, мыл и т. п. В косметологии мицеллы ценятся за то, что они помогают снизить раздражение от средств очищения. Воздействие токсичных компонентов снижается за счет того, что вокруг их молекул формируются мицеллы. Не стоит забывать, что некоторые вещества все же могут быть полезными для кожи, а положительный эффект от них в таком случае не будет достигнут. Тем не менее, основным свойством мицелл является то, что они также могут удалять мелкие частицы жира, что делает их отличным средством для снятия макияжа [8].

Таким образом, изучив, что такое мицелла и мицеллярный раствор, пришли к выводу, что они играют огромную роль в жизни человека и помогают во многих исследованиях.

Список литературы

1. История возникновения современных представлений о мицеллах и мицеллярных системах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.icc2013.ru/micelle/>
2. Мицелла: строение, схема, описание и химическая формула [Электронный ресурс]. – URL: <https://fb.ru/article/379039/mitsella-stroenie-shema-opisanie-i-himicheskaya-formula?ysclid=lb2bn8z2hz868094105>
3. Мицеллообразование [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/9710778/page:12/>
4. Гельфман, М. И. Коллоидная химия: учебник / М. И. Гельфман, О. В. Ковалевич, В. П. Юстратов. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-5699-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
5. Ким, Н. М. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебное пособие для студентов дневной формы обучения специальностей 240401 «Химическая технология органических веществ», 240301 «Химическая технология неорганических веществ», 240403 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», 240502 «Технология переработки пластических масс и эластомеров», 240801 «Машины и аппараты химических производств» / Н. М. Ким ; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т», Каф. технологии перераб. пластмасс. – Кемерово: КузГТУ, 2010. – 151 с.
6. Фридрихсберг, Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг. – 4-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 416 с.
7. Виды и особенности выбора мицеллярной воды для лица [Электронный ресурс]. – URL: <https://tutknow.ru/beauty/4204-vidy-i-osobennosti-vybora-micellyarnoy-vody-dlya-lica.html>
8. Использование мицеллярных растворов [Электронный ресурс]. – URL: <https://veselkov.me/in/neftedobyicha/ispolzovanie-miczellyarnyx-rastvorov.html?ysclid=lb5szfmox449773125>