

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
Казанского научного центра Российской академии наук

**КОНТРОЛЬНЫЙ ПИСЬМЕННЫЙ ПЕРЕВОД
НАУЧНОГО ТЕКСТА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**
«Физическая химия»

**«Self-aggregation of cationic dimeric surfactants in water–ionic liquid
binary mixtures»**

**«Самоорганизация димерных катионных поверхностно
активных веществ в бинарной смеси вода-ионная жидкость»**

Journal of Colloid and Interface Science 430 – 2014 – P.326-336

Выполнил: аспирант
Самаркина Дарья Александровна

Научный
руководитель: д. х. н., профессор
Захарова Люция Ярулловна

Принял: доцент кафедры Иностранные
языки в профессиональной
коммуникации КНИТУ Романов
Дмитрий Александрович

Казань 2016

Самоорганизация димерных катионных поверхностно активных веществ в бинарной смеси вода-ионная жидкость.

Аннотация

Мицеллообразование четырех димерных катионных ПАВ (геминальных ПАВ), полученных из н-додецил-н,н,н-триметиламмония хлорида, изучали широким кругом методов в водной среде, и водно-ионных растворах. Димерные ПАВ различаются жесткостью сейсерных групп, разделяющих две повторяющиеся части ПАВ, длина которых варьируется от С3 до С5. Для того чтобы минимизировать эффект спаривания электронов в органических ионах, а также роль ионных жидкостей выступать в качестве потенциальных вспомогательных ПАВ, были выбраны неорганические гидрофильные жидкости с анионами и органическими катионами ограниченной гидрофобности, а именно этил, бутил и гексил-3 имидазолия хлориды. 1Н ЯМР спектроскопия, двухмерная ядерная магнитно-резонансная спектроскопия, ядерная спектроскопия с эффектом Оверхаузера (ROESY) подтвердили эту предпосылку. Природа спейсера практически не влияет на процесс мицеллообразования ни в воде, ни в растворах вода-ионная жидкость. Тем не менее, это не влияет на тенденцию димерных ПАВ к образованию удлиненных мицелл с увеличением концентрации. Для лучшего понимания тройных систем ПАВ-вода-ионная жидкость, мицеллообразование в поверхностно активных веществах изучалось также в бинарных системах вода-хлорид натрия, вода-этиленгликоль, вода-формамид. Объединенные результаты показывают, что ионные жидкости играют двойную роль в смешанных системах, могут выступать одновременно в качестве электролита и как полярный органический растворитель. Роль ионной жидкости как органического сорастворителя становится доминирующей с повышением ее концентрации, и когда увеличивается длина алкильной цепи ионной жидкости.

Введение

Димерные поверхностно активные вещества это амфи菲尔ные молекулы, которые содержат два хвоста и две головные группы, связанных на уровне головных групп спесером, который может быть гидрофильным, гидрофобным, гибким или жестким. Их структура придает им превосходные свойства по сравнению с соответствующими обычными (мономерными) поверхностно активными веществами. Они имеют более низкую ККМ, более сильную способность снижать поверхностное натяжение воды, лучшие смачивающие свойства, лучшую растворяющую способность, лучшее пенообразование и т д. Все эти преимущества вызывают к ним особый интерес для применения в биомедицине и технологии, где они были исследованы в качестве систем доставки лекарств, носителей ДНК, нанореакторов для ферментативных реакций, эмульгирующих агентов, моющих средств и т д.

Свойства растворов поверхностно активных веществ можно модулировать путем регулирования температуры, давления и/или путем добавления различных модификаторов (например сорастворители, вспомогательные ПАВ, электролиты и т д.). Ионные жидкости представляют собой класс органических электролитов, которые состоят из органического катиона и из неорганического или органического аниона, которые плавятся при температуре ниже 100 °С. Преимущества ионных жидкостей в том что, комбинируя органические катионы с подходящими анионами, можно приспособливать их физические и химические свойства. В целом ионные жидкости являются экологически чистыми соединениями потому что в основном они не горючие и не летучие. Кроме того, многие ионные жидкости имеют химическую и термическую стабильность, широкие

молекулярных зондов и использовался сразу после получения. Все растворы готовили в дважды дистиллированной воде.

2.2 Кондуктометрические измерения

Измерения проводились на кондуктометре Crison GLP 31, по методике описанной в работе [33].

2.3 Измерение флуоресценции

Измерение флуоресценции проводили с использованием спектрофлуориметра Hitachi F-2500. С помощью криостата с непрерывным потоком воды соединенной с ячейкой удерживали температуру 303 К.

2.3.1. Измерение ККМ с использованием в качестве зонда пирена

Растворы поверхностно активного вещества с пиреном концентрации 1×10^{-6} М, получены согласно описанию в работе [34]. Длина возбуждающего излучения была 335 нм, интенсивность флуоресценции измеряли при 373 нм (пик 1) и 384 нм (пик 3). Щели для возбуждения и испускания были по 2,5 нм, скорость сканирования была 60 нм/мин. Отношение интенсивностей пиков (1:3), называется соотношение пирена 1:3.

2.3.2. Второе измерение критической концентрации мицеллообразования

Концентрация пирена в растворах ПАВ 1×10^{-6} М. Длина волны возбуждения была 346 нм, и интенсивность флуоресценции измерялась при 443 нм, как показано в работе [36]. Щели возбуждения и испускания были 5 и 10 нм соответственно, скорость сканирования была 60 нм/с. Концентрация ПАВ была значительно выше ККМ.

2.3.3 Определение чисел агрегации в системе

Мицеллярные растворы с пиреном (1×10^{-6} М) были получены как в работе [34]. Тушение флуоресценции пирена цетилпиридинийхлоридом (ЦПХ) изучали при возбуждении пирена при 335 нм, и испускании при 374 нм, с использованием щели возбуждения и испускания по 2,5 нм. Скорость сканирования была использована 60 нм/мин. Низкая концентрация пирена позволяет избежать эксимерных формирований, а концентрация ЦПХ варьировалась таким образом, что соотношения пирен-мицеллы и тушитель-мицеллы оставались достаточно низкими, чтобы обеспечить распределение Пуассона.

2.3.4. Изучение полярности мицеллярной межфазной области

Мицеллярные растворы пирена-3-карбоксальдегида (ПЗК) концентрации 10^{-5} М получали как в работе [34]. Спектры флуоресценции ПЗК при 356 нм регистрировали в диапазоне от 380 до 600 нм. Скорость сканирования была 60 нм/мин, щели возбуждения и испускания были 5 нм и 10 нм соответственно. Для проверки надежности наших данных спектры флуоресценции снимались для мицеллярного раствора ПЗК, в 0,1 М водном растворе додецилtrimетиламмоний бромида (ДТАБ). Максимум флуоресценции в области 446 нм хорошо согласуется с литературными данными. Точность измерения составила ± 1 нм.

2.4. Измерение поверхностного натяжения

Поверхностное натяжение измеряли методом отрыва кольца Дю Нуи, с использованием цифрового тензиометра KSV 703 (Финляндия), согласно описанию в работе [33]. Точность измерения составила $\pm 1 \times 10^{-3}$ Н/м. Используя метод кольца Дю Нуи можно определить поверхностно активные свойства, потому что кинетика адсорбции поверхностно активных веществ влияет на результат. В наших экспериментах скорость опускания кольца была достаточно низкой, чтобы позволить поверхностно активным

веществам достичь равновесия адсорбции на поверхности. Это было особенно важно когда измеряли поверхностное натяжение для растворов димерных ПАВ.

2.5 Измерение ЯМР

Спектры ЯМР снимались в главном исследовательском отделе университета Севильи. Образцы ЯМР были подготовлены растворением соответствующего количества поверхностно активного вещества и ионной жидкости в D2O, под кратким действием ультразвука. ЯМР спектры записывались на спектрометре Bruker Avance 500 (500,2 106 Гц для 1H), снабженным 5 мм обратным зондом и импульсно-градиентным блоком Great 1/10, способным производить градиенты магнитного поля в z направлении около 50 г/см. Химические сдвиги в 1H ЯМР спектре были привязаны к остаточному сигналу HDO.

Двумерную (2D) ядерную спектроскопию Овенхаузера с эффектом поворотной рамы (ROESY) проводили на 500 МГц с Bruker в стандартной импульсной последовательности; данные состояли из более чем 2049 комплексных точек. Время смешивания составляло 0,250 с, задержка повторения составляла 1,2 с, ширина импульса использована 90⁰, 11 сек.

Набор данных ROESY был обработан с применением экспоненциальной функции в обоих измерениях и нулевым заполнением 2048*2048 точек с реальными данными, перед преобразованием Фурье. Все ROESY спектры были сделаны симметрично относительно диагонали.

2.6. Кинетические измерения

Реакцию между метил-4-нитробензолсульфонатом (МБС) и хлорид ионами регистрировали с помощью УФ-видимого спектрофотометра Hitachi 3100, при длине волны 280, как описано в работе. Температуру поддерживали на уровне 303± 0,1 К с использованием водяного охлаждения ячейкой, соединенной с водяным криостатом. Каждый эксперимент повторяли по крайней мере дважды, и наблюдаемые константы скорости воспроизводились в пределах точности 4 %.

Реакция органического субстрата с водой может вносить определенный вклад в процесс взаимодействия МБС с хлорид ионами, хотя этот вклад не имеет существенного значения, за исключением ситуации с низкой концентрацией поверхностно активных веществ. Кинетические данные откорректированы, при необходимости, от вклада спонтанного гидролиза, как в работе [44].

2.7. Измерение динамического рассеяния света (ДРС)

Для измерения гидродинамического диаметра частиц (Z-среднее) при 303 К, был использован характеризатор частиц Zetasizer Nano ZS (Malvern). Интенсивность рассеянного света наблюдалась под углом 90⁰. Устройство находилось в CITIUS. Концентрация поверхностно активного вещества была установлена на уровне 0,05 М, концентрация ионной жидкости менялась. Для этого (ПАВ) качество сигнала было хорошее и стандартное отклонение измерений оставалось на низком уровне. При каждой концентрации ионной жидкости проводилось по шесть измерений и считалось среднее значение.

2.8 Атомно-силовая микроскопия (АСМ)

Изображения были получены с помощью Молекулярного Визуализатора PicoPlus 2500 AFM (Agilent Technologies). Аппарат CITIUS. Использовались кронштейны (модель PPP-ФМР-20, наносенсор) с резонансной частотой в пределах 45-115 Гц. АСМ изображения были записаны в воздухе и в полуконтактном режиме, со скоростью сканирования около 0,5 Гц, и сбором данных в 256*256 пикселей. АСМ изображения

были получены путем сушки капли 30 мМ рабочего раствора, осажденного на свежий скол слюды, адсорбированный в течении 30 минут, затем поверхность промывали бидистилированной водой, и сушили на воздухе. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью программного обеспечения WSxM 4.0 Beta 6.2 из NanoTec.

Обсуждение результатов

3.1 Физико-химические свойства водных растворов димерных поверхностно активных веществ

Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), степень ионизации мицеллы оценивали по измерению проводимости (рис.1) Зависимость удельной электропроводности от концентрации ПАВ устанавливалась с помощью метода Карпена, а также критическая концентрация мицеллообразования, степень ионизации мицеллы α , данные представлены в таблице 1.

Энергия мицеллообразования Гиббса ΔG°_M , может быть вычислена с использованием формулы (1) [45]:

$$\Delta G^{\circ}_M = 2RT(1,5 - \alpha)\ln(KKM) \quad (1)$$

Где α -степень ионизации мицеллы, ККМ-критическая концентрация мицеллообразования выраженная в мольном соотношении, R и T стандартные значения. Значения ΔG°_M приведены в таблице 1.

Таблица 1 показывает, что значения ККМ всех исследованных ПАВ схожи, в пределах экспериментальных ошибок. Этот результат можно объяснить тем, что движущей силой процесса самоассоциации ПАВ, вносящий вклад в энергию Гиббса, является перемещение гидрофобных хвостов из водной фазы во внутрь мицеллы $\Delta G^{\circ}_{\text{перем.}}$. Так как у всех ПАВ есть по две додецильные цепи $\Delta G^{\circ}_{\text{перем.}}$, как ожидалось, будет аналогична для всех них, следовательно и ККМ будет сходна, что и наблюдалось. Предполагаемые степени ионизации мицеллы также были почти одинаковы для всех поверхностно активных веществ, в пределах экспериментальной ошибки. Как следствие, аналогичные значения ΔG°_M , найденные для четырех изучаемых поверхностно активных веществ, указывают на то, что варьирование природы спейсерной группы практически не влияют на тенденцию ПАВ к самоорганизации. Процесс мицеллообразования также исследовали с помощью 1H ЯМР измерений, расширяя некоторые предварительные эксперименты [31,33]. Были подготовлены две концентрации поверхностно активного вещества, одна выше ККМ, другая ниже ККМ. Было обнаружено, что химические изменения сдвига при изменении концентрации ПАВ до ККМ и после более выражены для протонов, расположенных ближе к ионным головным группам поверхностно-активного вещества, как ожидается, для процесса самоорганизации [47].

Для того чтобы исследовать положение спейсера внутри димерной мицеллы, использовалась двумерная 2D ядерная спектроскопия Оверхаузера с поворотной рамой (ROESY). Проведенный эксперимент представлен на рис. 2, где показан частичный ROESY спектр раствора о-Д концентрации $5*10^{-3}$ М при 303 К. Наблюдаются кросс-пики между H-фенилом и протоном, принадлежащем алкильной цепи. Эти пики обусловлены близостью этих протонов в молекуле о-Д. Подобные кросс-пики были обнаружены и для поверхностно активного вещества м-Д, что свидетельствует о том, что фенильное кольцо погружено во внутрь мицеллы с катионными аммонийными группами выступающие в водную фазу. Моделирование молекулярной динамики проведенной в сотрудничестве с доктором Луисом Дж. Альваресом с целью выяснения структурных деталей молекул м-Д и о-Д внутри мицелл, показывает, что фенильные кольца изогнуты в направлении к

гидрофобной части мицеллы, согласно экспериментальным наблюдениям. ROESY спектры поверхностно-активных веществ Д1 и Д2 не показали кросс пики.

Средние мицеллярные числа агрегации, в мицеллах поверхностно активных веществ исследованных в воде в мицеллярной концентрации ПАВ равной 0,01 М, были получены с использованием тушения флуоресценции пирена на СrPyCl. Эта концентрация поверхностно активного вещества была выбрана потому что при ней определенные мицеллы имеют сферическую форму. Как будет видно ниже, увеличение концентрации может привести к изменению размеров и формы агрегатов присутствующих в растворе поверхностно активного вещества. Следовательно, для того чтобы сравнить средние числа агрегации, необходимо оценить рабочие условия, обеспечивая наличие сферических мицелл для всех поверхностно активных веществ. Полученные числа агрегации представлены в таблице 1. Средние числа агрегации, соответствующие парам поверхностно активных веществ с ксилидиновым спейсером о-Д и Д-м, близки к результатам полученным для тех же поверхностно активных веществ Ватеблудом и соавторами с использованием измерений тушения флуоресценции с временным разрешением, при комнатной температуре. Для пары поверхностно активных веществ несущих бутилиденовый спейсер значения средних чисел агрегации в этой работе несколько меньше, чем полученные в ранней работе. Числа агрегации перечисленные в таблице 1, аналогичны тем, что были найдены Данино и соавторами с использованием измерений тушения флуоресценции с временным разрешением при 298 К, для димерных поверхностно активных веществ додецилсульфата-а, х-бис-алкилtrimетиламмония бромида (12-s-12, 2Br) с гибким спейсером.

Словарь

№	Термин	Перевод
1.	absorb	абсорбировать, поглощать
2.	abstract	резюме, аннотация
3.	abundance	распространенность
4.	accept	принять
5.	access	доступ
6.	achieve	достигнуть
7.	acid	кислота
8.	acidity	кислотность
9.	acknowledgment	благодарность
10.	addition	давление
11.	advantage	преимущество
12.	afford	позволить, допустить
13.	aggregate	агрегат
14.	aggregation	агрегация
15.	aggregation number	число агрегации
16.	agreement	сходство, соответствие
17.	aim	цель
18.	alcohol	спирт
19.	alkyl chain	алкильная цепь
20.	allow	позволять
21.	almost	почти
22.	alter	изменить, повлиять
23.	amount	количество
24.	amphiphilic molecules	амфи菲尔ная молекула
25.	anhydrous	безводный
26.	anion	анион
27.	applications	применение
28.	applied	применять, использовать
29.	approach	подход, метод
30.	aqueous solutions	водные растворы
31.	array	массив, спектр
32.	article	статья
33.	assignment	распределение, назначение
34.	atom	атом
35.	attach	присоединить, прикрепить
36.	attachment	воздействие, вложение
37.	attributed	отнести, приписывать
38.	available	доступный
39.	balance	равновесие, баланс
40.	band	область, диапазон
41.	bandwidth	ширина полосы
42.	barrier	барьер, перегородка

43.	base	щелочь, основание
44.	basicity	основность
45.	bead	шарик, гранула
46.	behavior	поведение, режим работы
47.	benzene	бензол
48.	between	между
49.	bias	смещение, сдвиг
50.	bimolecular	бимолекулярный
51.	binary mixtures	бинарная система
52.	bind	связывать, затвердевать
53.	biphylic	бифункциональный, амфотерный
54.	bloom	помутнение
55.	boiling	кипение, кипящий
56.	bonding	связывание, сближение
57.	boost	повышение, подъем
58.	bottle	бутиль, колба
59.	break	разрыв, разрушение
60.	brine	солевой раствор
61.	bulb	баллон, сосуд
62.	by means	с помощью
63.	calculation	расчет
64.	capacity	емкость, вместимость
65.	carbohydrates	углеводороды
66.	carbon	углерод, уголь
67.	carboniferous	углеродсодержащий
68.	catalysis	катализ
69.	catalyst	катализатор
70.	cation	катион
71.	change	изменение, переход
72.	characteristic	свойство, признак
73.	charge	заряд
74.	chiral	хиральный
75.	chloride	хлорид
76.	circumvent	обойти, избежать
77.	clean	чистый, очищенный
78.	cleavage	расщепление, разрыв
79.	cmc	ККМ (Критическая концентрация мицеллообразования)
80.	coating	покрытие
81.	coefficient	коэффициент
82.	collected	собирать
83.	color	цвет, окраска
84.	completely	полностью
85.	complex	комплексное соединение

86.	component	компонент, составная часть
87.	composition	состав, строение
88.	compound	соединение
89.	conclusion	заключение
90.	condition	условие, состояние
91.	confers propertie	придавать свойство
92.	configuration	конфигурация
93.	conformation	конформация
94.	congener	родственное соединение
95.	conjugation	сопряжение
96.	consequently	следовательно
97.	constitution	состав, строение
98.	constraint	ограничение
99.	consumption	расход
100.	content	содержание
101.	continuously	постоянно
102.	contribution	вклад, взнос
103.	conversion	превращение, преобразование
104.	cool	охлаждать
105.	correction	поправка
106.	correspond	соответствовать
107.	cost	стоимость
108.	co-surfactant	вспомогательное ПАВ
109.	counter-ion	противоион
110.	counterpart	аналог
111.	coupling	взаимодействие, связь
112.	crude	сырой, неочищенный
113.	crystal	кристалл, кристаллический
114.	curve	кривая, характеристика
115.	damage	повреждение, разрушение
116.	data	данные
117.	deactivate	дезактивировать
118.	decomposition	распад, разложение
119.	degradation	расщепление, разрушение
120.	degree	градус, степень
121.	dehydration	дегидратация
122.	density	плотность, концентрация
123.	dependence	зависимость
124.	deposit	отложение, осадок
125.	derivative	производное
126.	derived	полученный
127.	description	описание, характеристика
128.	desired	желаемый, нужный
129.	despite	несмотря на, вопреки

130.	detected	обнаруживать
131.	detergent	моющее средство
132.	determination	определение
133.	developed	разработанный
134.	deviation	отклонение
135.	devising	разработка
136.	diagram	диаграмма, график
137.	different	различный, разный
138.	dilution	разбавление
139.	dimeric cationic surfactant	димерное катионное поверхностно активное вещество(ПАВ)
140.	dimerization	димеризация
141.	diminished	уменьшаться, снижаться
142.	directly	непосредственно
143.	displace	замещать, вытеснять
144.	disposal	удаление
145.	dissolubility	растворимость
146.	dissolvent	растворитель
147.	distinct	различный
148.	distribution	распределение, расположение
149.	DNA carrier	носитель ДНК
150.	donor	донор
151.	drawback	недостаток, неудобство
152.	dried	сушить
153.	dropwise	по каплям
154.	drug delivery system	система доставки лекарственных средств
155.	dry	сухой, безводный
156.	earlier	раньше, более ранний
157.	educt	выделенное вещество
158.	effect	действие, влияние
159.	efficiency	эффективность
160.	electrochemical windows	электрохимическое окно
161.	electrolysis	электролиз
162.	electrolytes	электролит
163.	electronation	восстановление
164.	electrophile	электрофил
165.	elongate	удлиненный
166.	elongated micelle	удлиненная мицелла
167.	emission	излучение(испускание)
168.	emulsifying agent	эмульгирующий агент
169.	encounter	столкновение, соударение
170.	energy	энергия
171.	enhance	усиливать, повышать
172.	enormous	огромный
173.	enthalpy	энталпия

174.	entropy	энтропия
175.	environment	окружающая среда
176.	envision	представлять, предполагать
177.	enzymatic reaction	ферментативная реакция
178.	enzyme	фермент
179.	epoxide	эпоксид
180.	equation	уравнение
181.	equilibrium	равновесие
182.	equimolar	эквимолярный
183.	equivalent	эквивалент
184.	error	ошибка, погрешность
185.	estimation	определение, оценка
186.	evaluate	оценить
187.	event	явление, акт
188.	excitation	возбуждение
189.	experiment	эксперимент, опыт
190.	explain	объяснять
191.	exposure	воздействие
192.	extensively	широко
193.	facilitate	способствовать, облегчать
194.	facilities	оборудование, аппаратура
195.	factor	показатель, фактор
196.	fall	падение, понижение
197.	field	зона, область
198.	film	пленка, мембрана
199.	finally	наконец
200.	finding	результат
201.	fission	расщепление, деление
202.	fluorescence	флуоресценция
203.	fluorescence intensitie	интенсивность флуоресценции
204.	flux	течение, поток
205.	foam	пена
206.	foaming	пенообразование
207.	followed	последующий
208.	force	сила
209.	form	форма
210.	formation	образование, формование
211.	formerly	ранее
212.	fragment	фрагмент
213.	frequency	частота, периодичность
214.	funnel	воронка
215.	further	также, дальнейший
216.	fuse	плавить(ся), расплавлять(ся)
217.	gemini surfactant	геминальное ПАВ

218.	generate	формирование
219.	gentle	нежный, мягкий
220.	glass	стекло
221.	graduation	градуирование, калибровка
222.	halide	галогенид
223.	halogen	галоген
224.	harsh	жесткий
225.	head group	головная группа
226.	heat	нагрев, теплота
227.	hence	следовательно
228.	heteroatom	гетероатом
229.	high-boiling	высококипящий
230.	higher	высокий, сильный
231.	hindered	заторможенный, затрудненный
232.	however	однако
233.	hydrocarbons	углеводороды
234.	hydrogen	водород
235.	hydrogenation	гидрирование
236.	hydrophobic substituent	гидрофобный заместитель
237.	hydrophobic tail	гидрофобный хвост
238.	imbibe	впитывать, поглощать
239.	immix	смешивать, перемешивать
240.	importance	значение
241.	impurity	примесь, загрязнение
242.	in order	с целью, для того
243.	in the form	в виде
244.	include	включать, содержать
245.	inclusion	включение, примесь
246.	incompleteness	незавершенность, незаконченность
247.	indicated	отмеченный
248.	indifferent	инертный, нереагирующий
249.	induce	проводировать, вызывать
250.	industrial	промышленный
251.	influence	влиять
252.	influence	влияние
253.	infrared	инфракрасное излучение
254.	ingredient	составная часть, компонент
255.	initial	первоначальный
256.	interaction	взаимодействие
257.	intermediate	промежуточный продукт
258.	internal	внутренний
259.	intramolecular	внутримолекулярный
260.	introduction	введение
261.	investigated	исследовали

262.	investigation	исследование
263.	involve	включать, привлекать
264.	ionic liquid	ионная жидкость
265.	isolated	выделять
266.	isomer	изомер
267.	isomeric pairs	изомерные пары
268.	issue	проблема, вопрос
269.	it seems	кажется, похоже
270.	journey	миграция
271.	jump	скачок, резкое изменение
272.	ketone	кетон
273.	key	ключевое соединение
274.	laboratory	лаборатория
275.	lack	отсутствие, недостаток
276.	law	закон, правило
277.	layer	слой
278.	leaching	выщелачивание
279.	length	длина, расстояние
280.	level	уровень, степень
281.	light	свет, излучение
282.	limit	предел, граница
283.	linear	линейный
284.	link	связь
285.	linker	мостик, связующее звено
286.	liquid	жидкость, жидкий
287.	localization	локализация
288.	lower	ниже
289.	lower	меньший
290.	luminescence	люминесценция, свечение
291.	macrocrystalline	крупнокристаллический
292.	manure	удобрение
293.	mass	масса
294.	mass-spectrometry	масс-спектрометрия
295.	material	материал, вещество
296.	maximum	максимум, максимальное значение
297.	mean	средний, средство
298.	measure	доза
299.	measure	измерять
300.	method	метод
301.	micellization	мицеллообразование
302.	migration	перемещение, перенос
303.	mimic	имитировать, повторять
304.	mixture	смесь, состав
305.	mobility	подвижность

306.	model	модель, схема
307.	moiety	часть, фрагмент
308.	moist	влажный, сырой
309.	molecular	молекулярный
310.	monoprotected	монозамещенный
311.	motion	движение, перемещение
312.	naming	номенклатура
313.	nanomaterial	наноматериал
314.	nanoreactor	нанореактор
315.	nature	природа, характер
316.	near	около, вблизи
317.	negative	отрицательный
318.	neutral	нейтральный, средний
319.	nevertheless	тем не менее
320.	non-flammable	не горючее
321.	observe	наблюдать
322.	occupancy	заселенность, заполненность
323.	occur	возникать, наступать
324.	opening	отверстие, раскрытие
325.	operation	операция, процесс
326.	opposite	противоположно, обратно
327.	optimization	оптимизация
328.	order	порядок, последовательность
329.	outcome	итог, результат
330.	overall	общий
331.	oversaturation	перенасыщение
332.	oxidation	окисление
333.	oxygen	кислород
334.	pack	блок, узел
335.	pair	пара
336.	pairing effects	эффект спаривания электронов
337.	part	часть, разделять
338.	peak	пик, максимум
339.	perform	выполнять, проводить
340.	permit	разрешение, позволение
341.	phase	фаза, фазовый
342.	physicochemical properties	физико-химические свойства
343.	plug	пробка
344.	point	точка, деление шкалы
345.	polar	полярный
346.	polar organic solvents	полярный органический растворитель
347.	polymer	полимер
348.	porous	пористый
349.	pour out	декантировать

350.	powder	порошок
351.	precipitate	осадок, выпадать
352.	precursor	исходное вещество, предшественник
353.	predict	предсказывать
354.	preferred	предпочитать
355.	preparation	получение
356.	prepare	получать
357.	presence	наличие, присутствие
358.	pressure	давление
359.	prevalent	преобладающий, распространенный
360.	previously	ранее
361.	probe	зонд
362.	procedure	методика, технологический процесс
363.	proceed	протекать
364.	process	процесс, способ производства
365.	product	продукт
366.	pronounced	выраженный, явный
367.	propertie	свойство
368.	proportion	пропорция, состав
369.	protection	защита
370.	pure	чистый
371.	quality	качество, свойство
372.	quantity	количество, величина
373.	quaternary	четвертичный
374.	quencher	тушитель
375.	quenching	тушение
376.	radical	радикал, радикальный
377.	range	диапазон
378.	rate	скорость, расход
379.	rather than	нежели
380.	ratio	соотношение
381.	ray	луч, излучение
382.	reaction	реакция
383.	reactive	реакционноспособный, химически активный
384.	reactivity	реакционная способность
385.	reagent	реагент, реактив
386.	recently	недавно
387.	recycling	переработка, повторное использование
388.	reduce	восстанавливать, концентрировать
389.	reduction	сокращение, снижение
390.	refined	уточнять
391.	reflux	кипячение
392.	regard	считать, рассматривать
393.	regardless	независимо

394.	region	область, зона
395.	relative	относительный
396.	relaxation	затухание, ослабление
397.	remaining	оставшийся
398.	remarkable	примечательно
399.	removal	удаление, устранение
400.	reorganization	реорганизация, перестройка
401.	repeated	повторять
402.	report	сообщить, описать
403.	representative	представитель
404.	reproduce	воспроизводить
405.	required	требуется, необходимо
406.	residue	остаток, осадок
407.	respect	отношение, уважение
408.	respectively	соответственно
409.	resume	резюме, итог
410.	reused	повторно
411.	reveal	показывать, раскрывать
412.	rigid	жесткий
413.	rise	повышение, поднятие
414.	robust	устойчивый, стабильный
415.	rotation	вращение
416.	route	путь
417.	rule	правило, закономерность
418.	safety	безвредность
419.	salt	соль
420.	sample	образец, проба
421.	saponification	омыление
422.	saturated	насыщенный
423.	scan speed	скорость сканирования
424.	scheme	схема, диаграмма
425.	scope	область применения
426.	sedimentation	осаждение, отстаивание
427.	selected	выбранный, отобранный
428.	selectivity	избирательность, селективность
429.	semistability	полуустойчивость
430.	sensitive	чувствительный, восприимчивый
431.	separation	разделение, отделение
432.	sequence	последовательность
433.	series	ряд, серия
434.	several	несколько
435.	shape	конфигурация, форма
436.	shell	оболочка
437.	shift	сдвиг, смещение

438.	shortened	укороченный
439.	show	показывать, проявлять
440.	significantly	значительно, существенно
441.	similar	подобный, аналогичный
442.	simplicity	простота
443.	simultaneously	одновременно
444.	single-chain surfactant	мономерное ПАВ
445.	size	размер
446.	slightly	немного
447.	so far	до сих пор
448.	softer	более мягкий
449.	solar cell	солнечная батарея
450.	solid	твердый, прочный
451.	solubility power	растворяющая сила
452.	solution	раствор
453.	solution	раствор
454.	solvent	растворитель
455.	some	некоторые
456.	sophistication	изощренность, сложность
457.	spacer group	спейсерная группа
458.	species	тип, разновидность
459.	specify	уточнять, определять, указывать
460.	spectrum	спектр
461.	state	состояние, положение
462.	strong	сильный, прочный
463.	subsequent	последующий
464.	substitute	заменять, замещать
465.	successfully	успешно, удачно
466.	suggested	предлагать, предполагать
467.	suitable	пригодный, подходящий
468.	surface tension of water	поверхностное натяжение воды
469.	surfactants	поверхностно активное вещество
470.	surrounded	окруженный
471.	switch	переключаться, перейти
472.	therefore	таким образом
473.	thermal stability	термическая стабильность
474.	treatment	обработка
475.	trend	тенденция, направление
476.	tried	пробовать, пытаться
477.	twice	дважды
478.	two surfactant motifs	две повторяющихся части ПАВ
479.	unambiguous	однозначный
480.	uncovered	открыть, обнаружить
481.	unit	блок, единица

482.	unlikely	вряд ли, маловероятно
483.	unsaturated	ненасыщенный
484.	utility	практическая ценность
485.	valuable	ценный, полезный
486.	varied	разнообразный (варьировать)
487.	various	различный
488.	versatility	универсальность
489.	via	с помощью
490.	vial	чаша, пузырек
491.	vigorously	энергично
492.	volume	объем
493.	wanted	хотеть, разыскивать
494.	warmed	согретый
495.	water–IL solution	раствор вода-ионная жидкость
496.	wavelength	длина волны
497.	weaker	более слабый
498.	wetting power	смачивающая способность
499.	whereas	тогда как, в то время как
500.	yield	выход, результат