



# Коллоидная химия ПАВ

*Лекция № 11*

## НОВЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

*Кандидат химических наук, доцент Буканова Е.Ф.*



**В лекции рассмотрены структура, методы получения и физико-химические свойства отдельных представителей новых ПАВ:**

- Димерные ПАВ.*
- Биоразлагаемые ПАВ, в молекулы которых вводят связи с ограниченной стабильностью.*
- Полимеризующиеся ПАВ.*

# Структура димерных ПАВ

Молекулу димерного (gemini) поверхностно-активного вещества можно представить как две дифильные молекулы соединенные мостиком (спейсером). **Димерные ПАВ называют также ПАВ-близнецы или бис-ПАВ.**

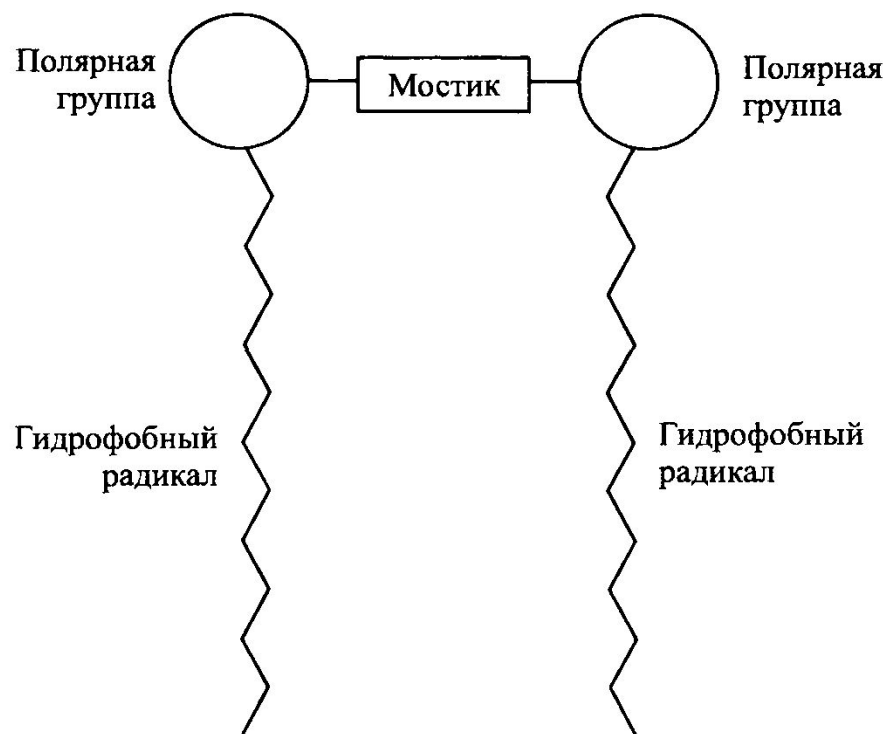


Рис.1. Схематическая структура димерных ПАВ



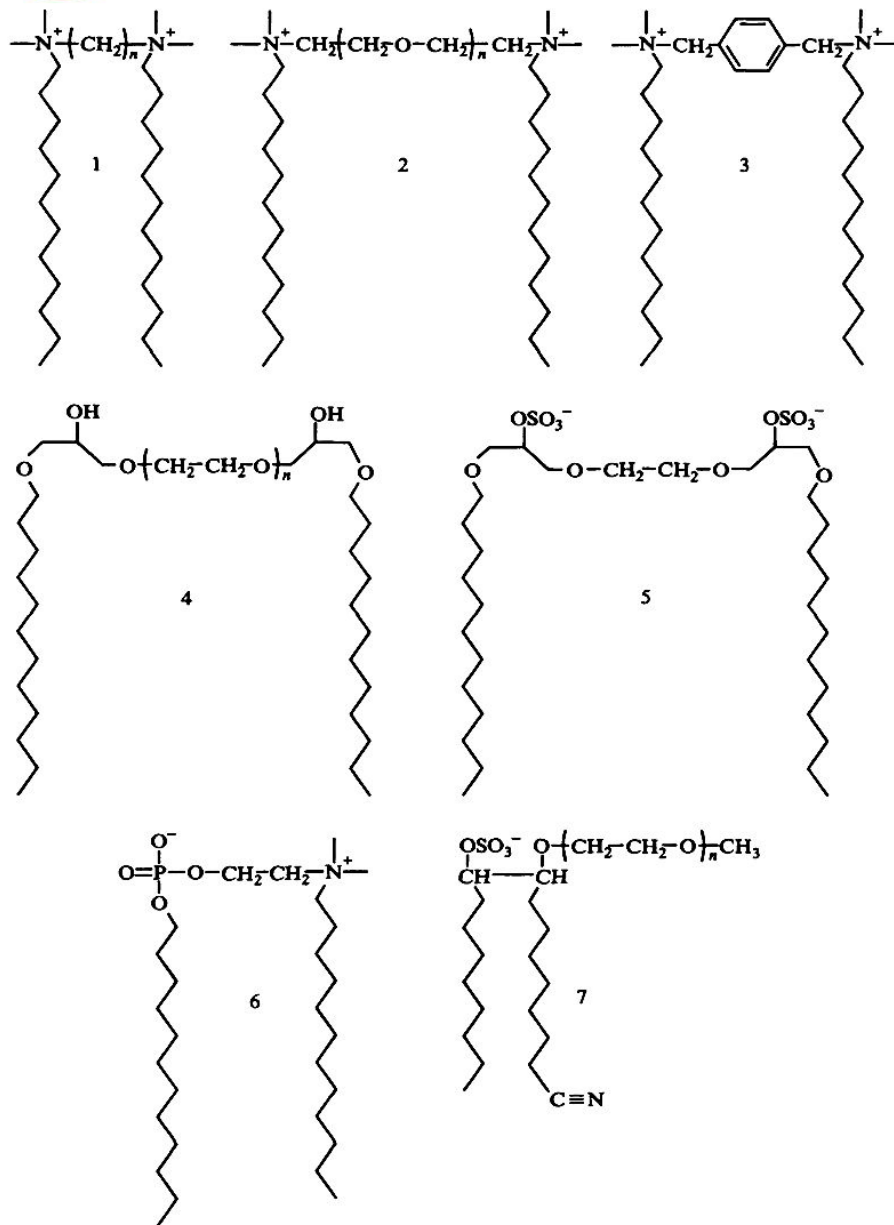
# Структура димерных ПАВ

**Мостик может быть гидрофильным или гидрофобным, жестким или гибким. Он связывает две молекулы по полярным группам или вблизи этих групп. Связывание двух молекул по гидрофобным частям ведет к образованию так называемых болаподобных ПАВ.**

**Физико-химические свойства таких веществ полностью отличаются от физико-химических свойств димерных ПАВ.**

**Большинство димерных ПАВ состоят из двух идентичных частей.**

**Синтезированы также несимметричные димерные ПАВ, различающиеся либо длиной гидрофобной цепи, либо типом полярных групп (гетеродимерные ПАВ), либо и тем и другим.**



**Рис.2 Примеры димерных ПАВ. Соединения 1 -3 — катионные ПАВ, различающиеся длиной мостика, связывающего ионные группы.**

**В соединении 1 мостик гидрофобный и гибкий; в соединении 2 — гидрофильный и гибкий, в соединении 3 — гидрофобный и жесткий.**

**Соединения 4 и 5 имеют похожую структуру молекул, но соединение 4 — типичное неионное димерное ПАВ, а соединение 5 — анионное.**

**Соединения 6 и 7 — примеры гетеродимерных ПАВ.**



## Синтез димерных ПАВ

Катионные димерные ПАВ обычно получают по реакции алкилдиметиламинов с дигалогенпроизводными. Дибромсоединения обладают наибольшей реакционной способностью и их обычно используют для синтеза в лабораторных условиях, дихлорпроизводные предпочтительнее в условиях крупномасштабного синтеза:

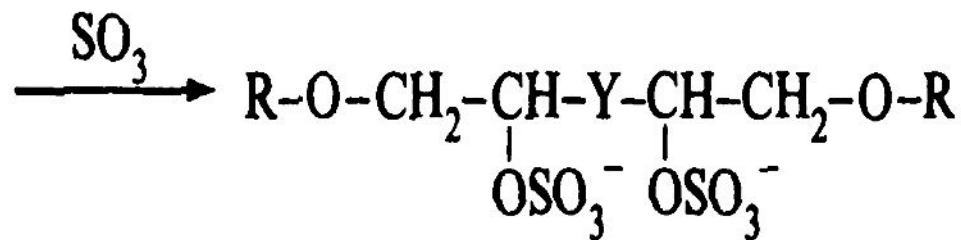


где R — алкильный радикал, X — мостик, например —CH<sub>2</sub>—.

**Группа X** — алкилен, если нужен гидрофобный гибкий мостик;  
CH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub> или CH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>CH<sub>2</sub> — чтобы получить гидрофильный гибкий мостик;

CH<sub>2</sub> - φ - CH<sub>2</sub>, если мостик должен быть гидрофобным и жестким (φ в этом случае C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>).

**Анионные и неионные димерные ПАВ обычно получают путем раскрытия циклов бисэпоксидов, в результате этой реакции в качестве промежуточного продукта получается бисгидроксиэфир. Реакция синтеза димерного ПАВ, в которой полярными группами служат сульфат-группы (-OSO<sub>3</sub>):**



где R — алкильная цепь обычных ПАВ, Y — OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O.

# Мицеллообразование димерных ПАВ

Мицеллообразование в растворах димерных ПАВ начинается при концентрациях на порядок ниже, чем для соответствующих «мономерных» ПАВ. Низкое значение ККМ — важнейшее свойство, означающее, что димерные ПАВ очень эффективны при солюбилизации неполярных соединений. Эффективность снижения поверхностного натяжения, выраженная величиной  $C_{20}$  (концентрация, при которой ПАВ снижает поверхностное натяжение  $\gamma$  на 20 мН/м) также выше для димерных ПАВ.

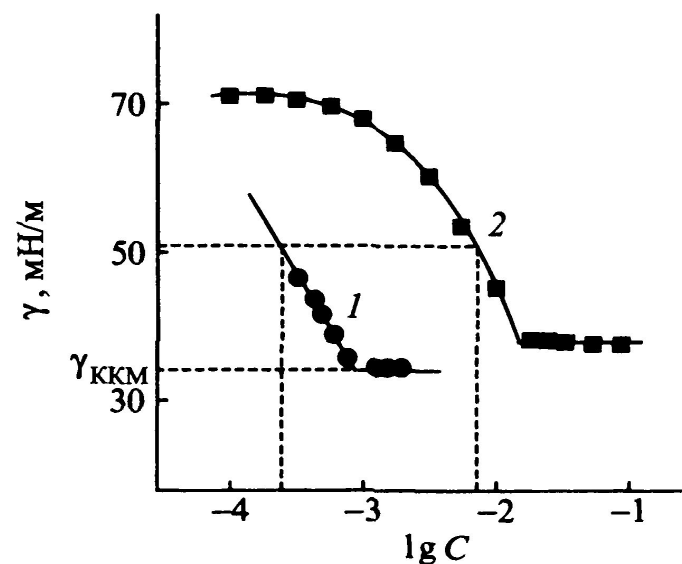
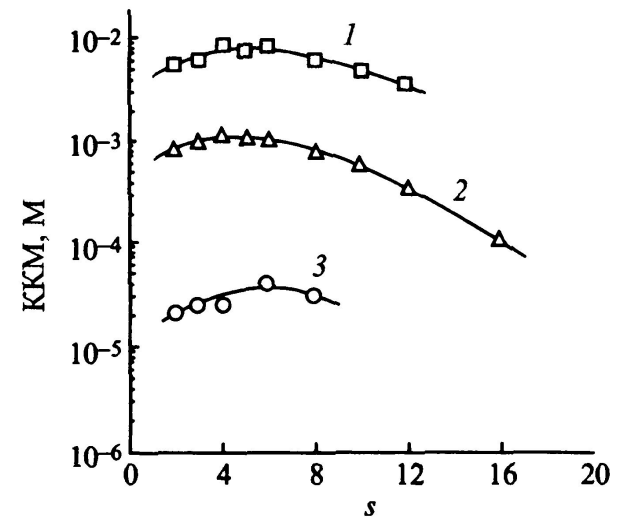


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от  $\lg C$  для димерного ПАВ  $C_{12}H_{25}N(CH_3)_2 - (CH_2)_3 - N(CH_3)_2C_{12}H_{25}^{2+} 2Br^-$  (1) и мономерного (обычного) ПАВ  $C_{12}H_{25}N(CH_3)_3^+ Br^-$  (2).



Важным свойством, имеющим практическое значение для неравновесных процессов типа эмульгирования и пенообразования, является **динамическое поверхностное натяжение**. Оно служит мерой того, насколько быстро (в миллисекундном масштабе) ПАВ снижает поверхностное натяжение от значений для чистой воды (70 мН/м) до значений 30 мН/м.

Тип мостика заметно влияет на динамическое поверхностное натяжение димерных ПАВ: чем длиннее мостик и чем он более гибкий, тем меньше время снижения поверхностного натяжения. Значения ККМ димерных ПАВ с гибкими мостиками, независимо от того гидрофильные они или гидрофобные, гораздо ниже, чем у соответствующих ПАВ с жесткими мостиками. Этот факт можно объяснить тем, что соединения первого типа легче упаковываются на поверхности вода - воздух.



**Рис. 4.** Зависимость ККМ от числа метиленовых групп ( $s$ ) в мостике для трех типов катионных димерных ПАВ: 1 —  $C_{10}H_{21}N(CH_3)_2-(CH_2)_s-N(CH_3)_2C_{10}H_{21}^{2+} 2Br^-$ ; 2 —  $C_{12}H_{25}N(CH_3)_2-(CH_2)_s-N(CH_3)_2C_{12}H_{25}^{2+} 2Br^-$ ; 3 —  $C_{16}H_{33}N(CH_3)_2-(CH_2)_s-N(CH_3)_2C_{16}H_{33}^{2+} 2Br^-$ .

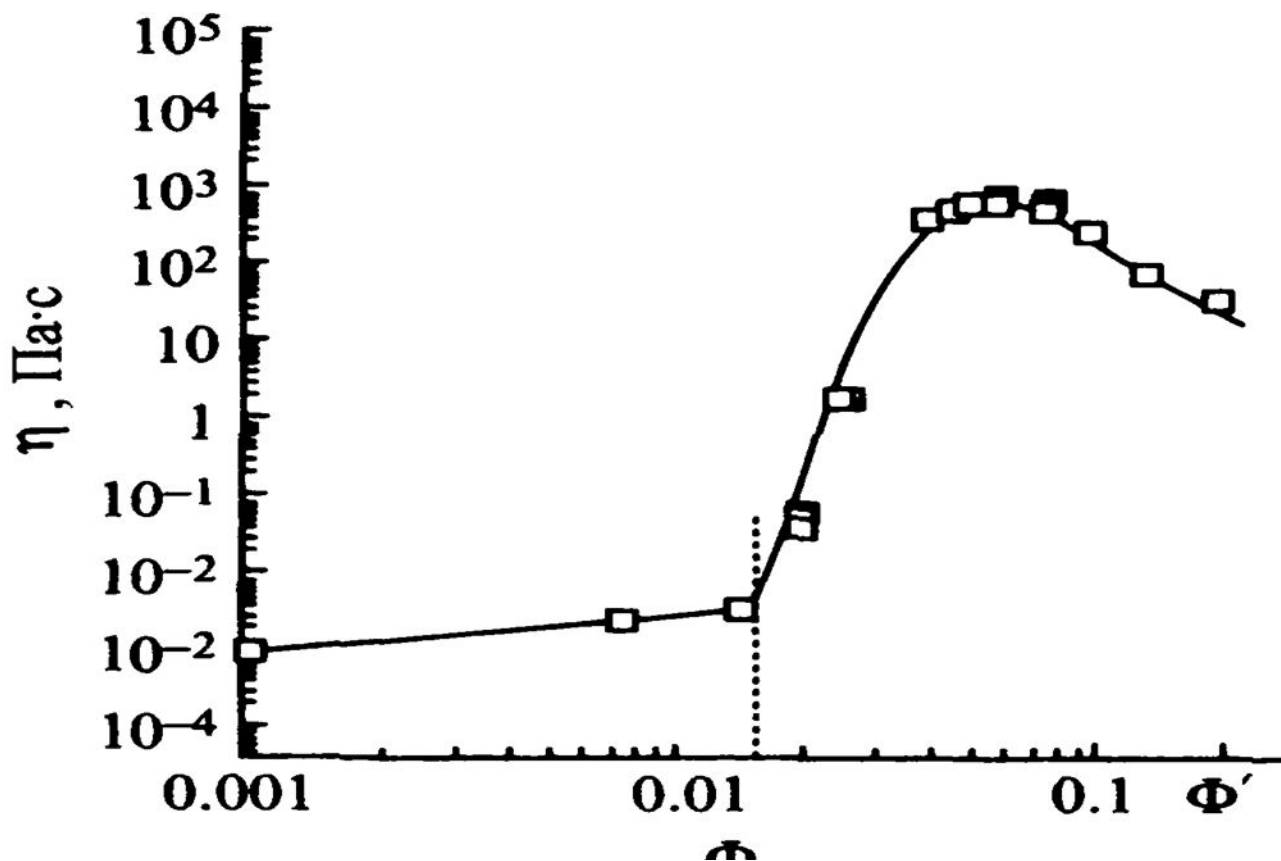


Рис. 7. Зависимость вязкости нулевого сдвига  $\eta$  от объемной доли  $\Phi$  поверхностно-активного вещества в растворе при 20 °С. ПАВ —  $C_{12}H_{25}N(CH_3)_2-(CH_2)_2-N(CH_3)_2C_{12}H_{25}^{2+} 2Br^-$ .



## ***Выводы***

**Особые свойства димерных ПАВ (высокая эффективность, низкие значения ККМ и поверхностного натяжения в точке ККМ (уккм), а также резкое повышение вязкости при увеличении концентрации) найдут широкое применение в практических целях.**

**Высокая эффективность и низкие значения ККМ привели к исследованию возможностей их использования для солюбилизации разнообразных веществ. В модельных опытах с использованием в качестве солюбилизата углеводов обнаружено, что димерные ПАВ обладают большей солюбилизационной способностью (как в молярных, так и в массовых единицах), нежели обычные ПАВ.**

**Димерные ПАВ вследствие их плотной упаковки на границах раздела фаз представляют интерес как потенциальные смазочные агенты.**

**Много усилий направлено на создание молекул с заданной геометрией с помощью специфической геометрии димерных ПАВ. Такие ПАВ образуют везикулы и жидкокристаллические фазы в широкой области концентраций. Это свойство перспективно для практического использования. Примером может служить изготовление мезопористых молекулярных сит.**



# *Привлекательность ПАВ с разрушаемыми связями с экологической точки зрения*

Молекулы традиционных ПАВ весьма устойчивы в обычных условиях.

Стремление защитить окружающую природу стало основным фактором при создании новых ПАВ, а скорость биоразложения стала важнейшим критерием.

**1. Для создания ПАВ с быстрым биоразложением в их молекулы вводят связи с ограниченной стабильностью.**

**Слабую связь в молекулах ПАВ вводят в виде группировки, соединяющей полярную головку и гидрофобный радикал.**

При первичном разложении молекул сразу исчезает их поверхностная активность. Затем различными путями, зависящими от типа продукта первичного разложения, происходит процесс биоразложения. Предельное разложение ПАВ определяется количеством углекислого газа, выделившегося в течение 4 недель в реакторе под действием специфических микроорганизмов.

Предельное разложение ПАВ с лабильными связями выше, чем у ПАВ, не содержащих такие связи.



## Лекция 11: Новые поверхностно-активные вещества

Во вторых, **необходимо устранять трудности, связанные с пенообразованием или нежелательным образованием устойчивых эмульсий при использовании композиций ПАВ.** Разрыв лабильной связи ПАВ приводит к образованию одного растворимого в воде продукта и второго – гидрофобного, не растворимого в воде. Очистку от обоих компонентов проводят пользуясь стандартными методиками.

В-третьих, перспективность использования ПАВ с ограниченной стабильностью заключается **в возможности придания продуктам разложения новых полезных свойств.** Например, ПАВ, входящее в состав композиций для личной гигиены, распадается с образованием продукта, полезного для ухода за кожей. Такие ПАВ иногда называют «функциональными» ПАВ.

В-четвертых, ПАВ, распадающиеся на вещества, не обладающие поверхностной активностью, представляют интерес, например, в биомедицине в качестве носителей для контролируемой доставки лекарственных веществ.

### **Лабильные ПАВ содержат в молекулах легко гидролизующиеся связи.**

Химический гидролиз катализируется кислотами или щелочами.

В окружающей природе гидролиз лабильной связи происходит под действием ферментов, выступающих катализаторами гидролиза.

## Лабильные ПАВ, гидролизующиеся в кислой среде

### Циклические ацетали

Лабильные ПАВ, производные циклических ацеталей — **1,3-диоксалана** (пятичленный цикл) и **1,3-диоксана** (шестичленный цикл), гидролизуются в кислой среде. Их синтезируют из длинноцепочечных альдегидов при взаимодействии с **диолами или полиолами**. Взаимодействие альдегидных групп с vicинальными гидроксигруппами приводит к образованию диоксолана, а взаимодействие с 1,3-диолами — к образованию диоксана.

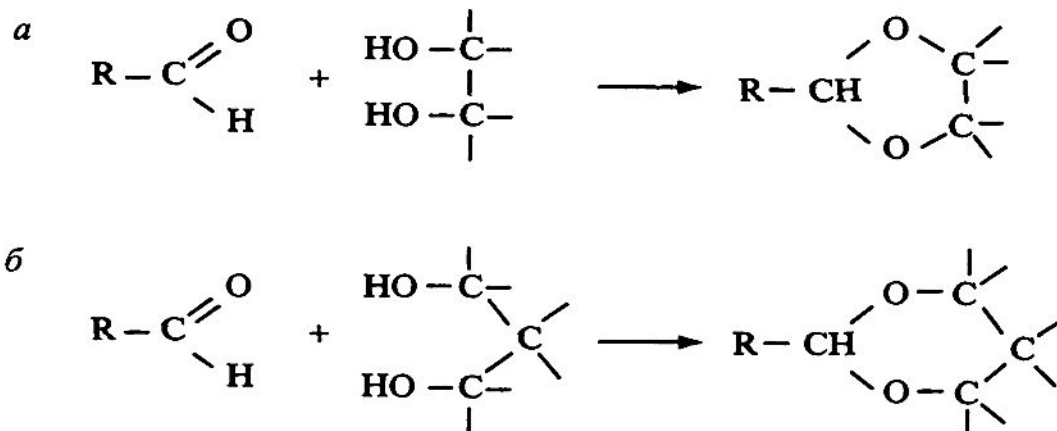


Рис. 8. Получение (а) 1,3-диоксолановых и (б) 1,3-диоксановых ПАВ из длинноцепочечных альдегидов и 1,2- и 1,3-диолов соответственно.

Если реакцию проводить не с диолами, а с **глицерином**, образуется **гидроксиацеталь (диоксолановое кольцо со свободной первичной гидроксильной группой)**. Модифицируя оставшуюся свободной гидроксильную группу, получают анионное или катионное ПАВ (рис.9). На свободные гидроксигруппы действуют  $\text{SO}_3$ , нейтрализуют и получают сульфатное ПАВ; при обработке пропансультоном получают сульфонатное ПАВ. Гидроксильные группы можно заместить бромом или хлором, а затем по реакции с диметиламином получить катионное ПАВ с третичным амином в качестве полярной группы. Получение четвертичного аммония можно провести обычными способами, например реакцией с метилбромидом.

Свободную гидроксильную группу можно также этоксилировать, при этом получится неионное ПАВ с лабильной группой. Скорость разложения таких неионных ПАВ в отстойниках очистной станции намного превышает скорость разложения обычных этоксилатов.

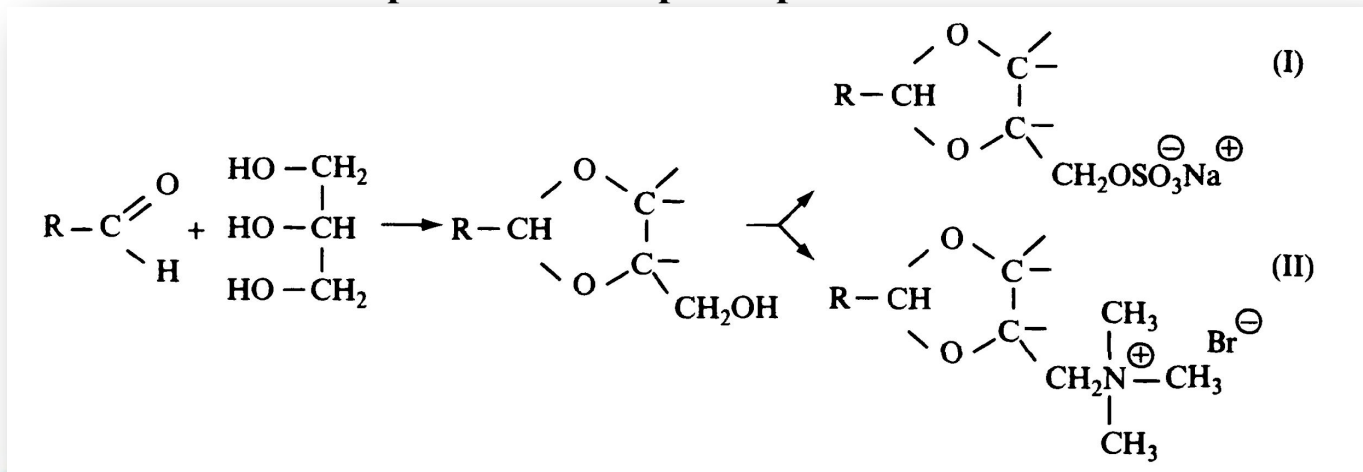


Рис. 9. Примеры 1,3-диоксолановых ПАВ: (I) — анионное ПАВ, (II) — катионное ПАВ

## Ациклические ацетали

Алкилглюкозидные ПАВ гидролизуются в кислых средах с образованием глюкозы и длинноцепочечного спирта. Они абсолютно устойчивы в щелочных средах даже при очень высоких значениях pH. Особенности расщепления таких ПАВ наряду с относительно простым синтезом делают их весьма привлекательными в составе чистящих композиций.

**Расщепляющиеся ПАВ на основе полиэтиленоксида были синтезированы по реакции защищенных полиэтиленгликолей (ПЭГ) с длинноцепочечным альдегидом.**

В процессе кислотного гидролиза такие соединения распадаются на исходные вещества — алкилальдегид и защищенный ПЭГ.

## Кетали

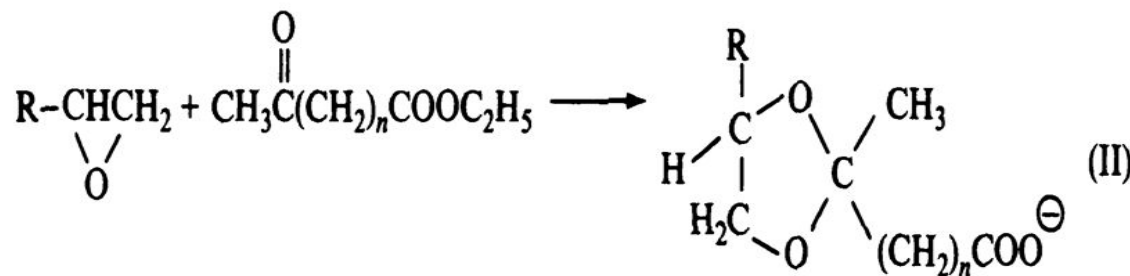
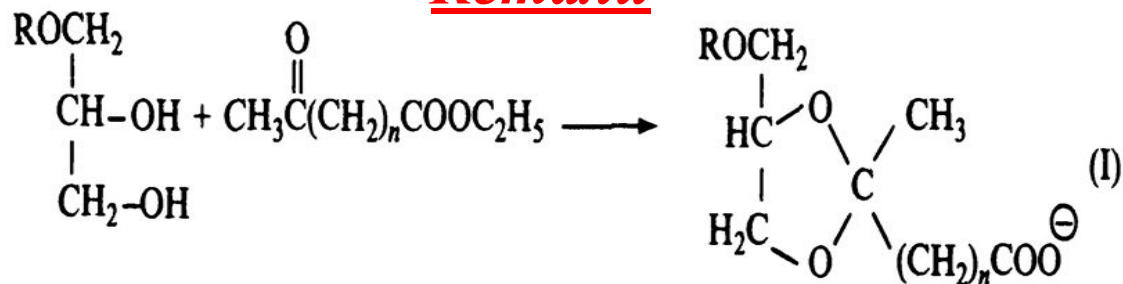


Рис. 10. Получение анионного 1,3-диоксоланового ПАВ из этиловых эфиров кетокислот.



**Неустойчивость соединений к гидролизу зависит от структуры ПАВ.**

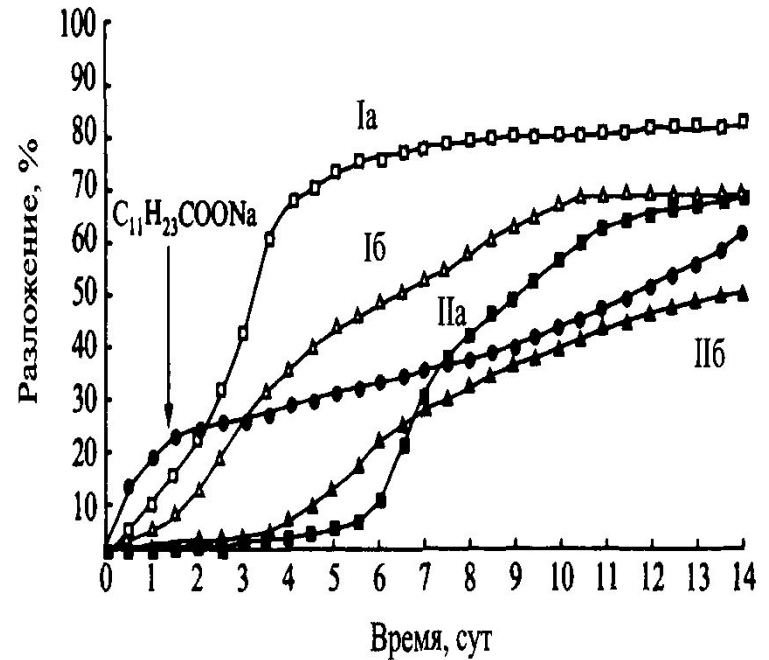
**Скорость гидролиза увеличивается с уменьшением длины гидрофобной части ПАВ при постоянстве полярной группы.**

Это объясняется уменьшением гидрофобного экранирования ацетальной связи от ионов гидроксония.

**Скорость гидролиза ацеталированного ПАВ не зависит:**

- от природы полярных групп при постоянстве гидрофобной части;**
- от структуры (линейной или разветвленной) гидрофобной части.**

Скорость гидролиза свободных молекул ПАВ всегда выше, чем молекул, включенных в мицеллы.



**Рис. 11.1.** Зависимость степени биоразложения четырех кетальных ПАВ и взятого для сравнения додеканоата натрия от времени. I и II — соединения, представленные на рис. 11.1; а —  $R=C_{12}H_{25}$ ,  $n=2$ ; б —  $R=C_{16}H_{33}$ ,  $n=2$ .



# Физико-Химические СВОЙСТВА АЦЕТАЛИРОВАННЫХ ПАВ

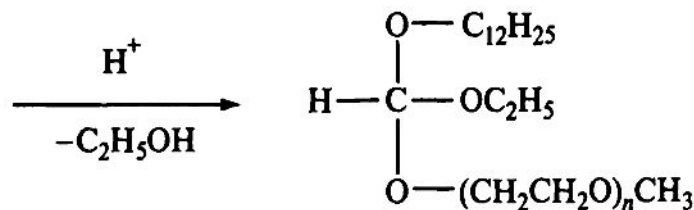
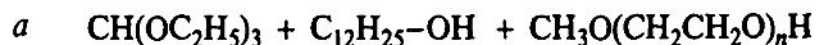
Ацеталированные ПАВ по физико-химическим свойствам очень близки к обычным ПАВ.

Однако значения ККМ ацетальсодержащих ПАВ всегда немного ниже, чем ККМ соответствующих обычных ПАВ.

Их эффективность, выраженная концентрацией, необходимой для снижения поверхностного натяжения на 20 мН/м, оказалась выше. Это безусловно указывает на то, что ацетальные связи между гидрофобным радикалом и полярной группой дают определенный вклад в гидрофобность молекул ПАВ, повышая их поверхностную и адсорбционную активность на границе раствор-воздух, а также усиливают склонность к мицеллообразованию.

# Ортоэфиры

Ортоэфиры относятся к новому классу недавно полученных поверхностно-активных веществ. Ортоэфирные ПАВ получают переэтерификацией низкомолекулярного ортоэфира, например при взаимодействии триэтилортоформиата с жирным спиртом и полиэтиленгликолем (ПЭГ). Структуры молекул типичных ортоэфирных ПАВ и способы их получения приведены на рис.12.



б

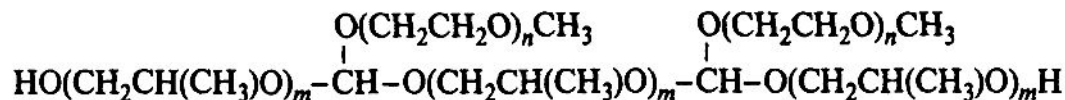


Рис. 12. Синтез и структура ортоэфирных ПАВ (а) и ортоэфирных блок-сополимеров (б).

## ЛАБИЛЬНЫЕ ПАВ, ГИДРОЛИЗУЮЩИЕСЯ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

### Нормальные сложные эфиры четвертичных аммониевых солей

Название сложные эфиры четвертичных аммониевых солей (ЧАС) относится к соединениям общей формулы  $R_4N^+X^-$ , в которых длинноцепочечные радикалы  $R$  присоединены к заряженной группе через сложноэфирную связь. Под нормальными эфирами ЧАС подразумеваются ПАВ, молекулы которых состоят из сложных эфиров одной или более жирной кислоты и кватернизированного аминоспирта.

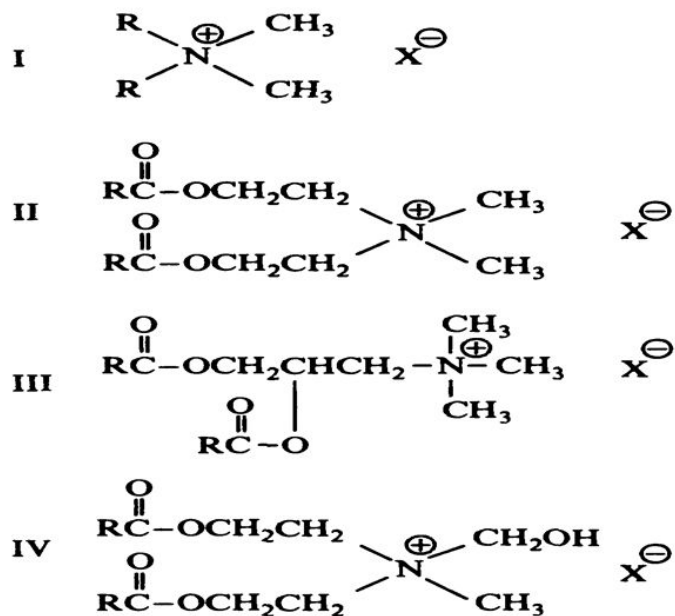


Рис. 13. Структуры обычного четвертичного аммониевого ПАВ (I) и трех сложных эфиров ЧАС (II-IV);  $R$  — длинная алкильная цепь,  $X$  —  $Cl$ ,  $Br$  или  $CH_3SO_4$

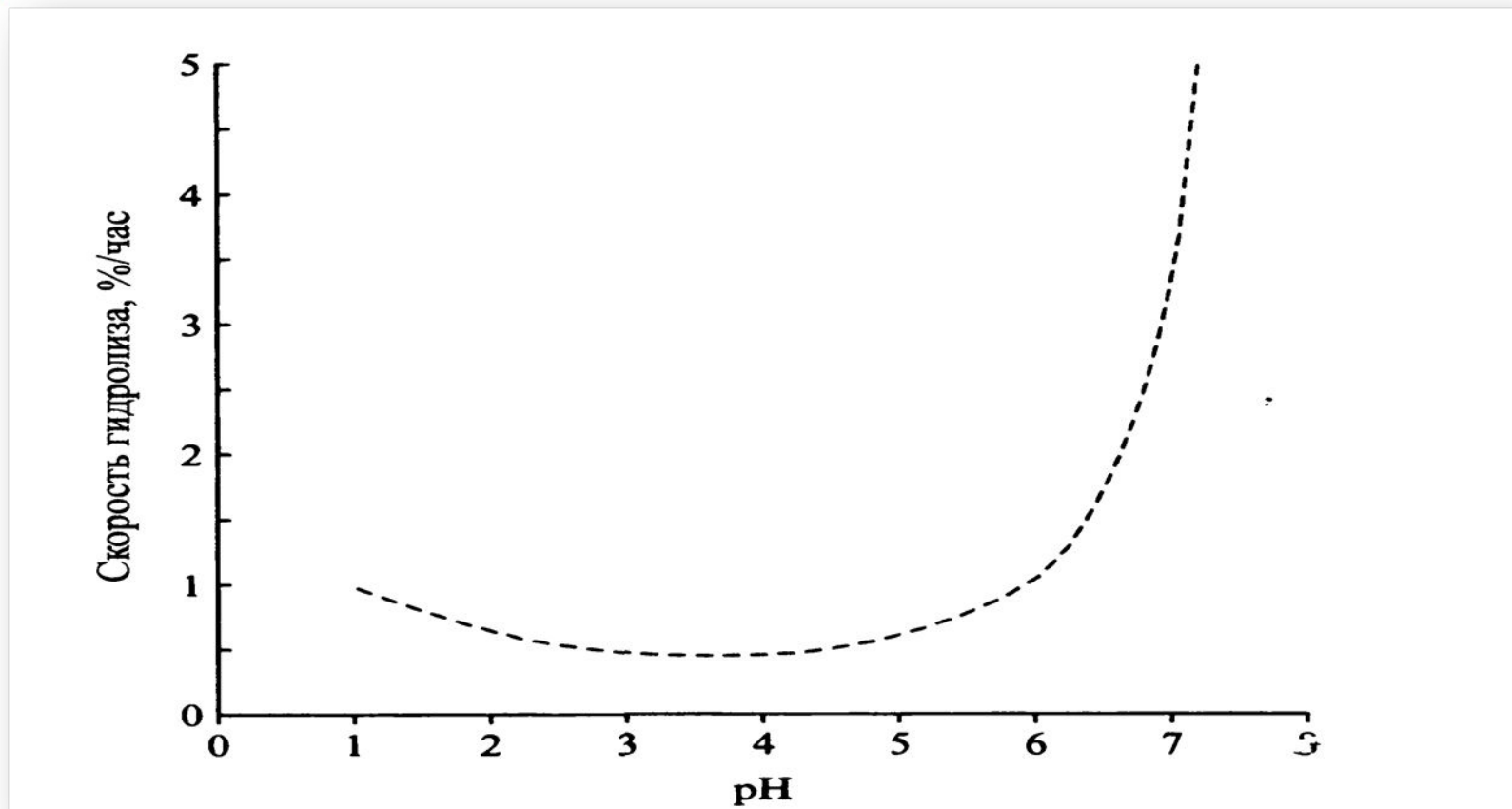


Рис. 14. Влияние рН на гидролитическую стабильность дицетилового сложного эфира хлорида бис(2-гидроксиэтил)аммония при 25 °С.

# Лабильные ПАВ, гидролизующиеся в щелочной среде

## Эфиры бетаина

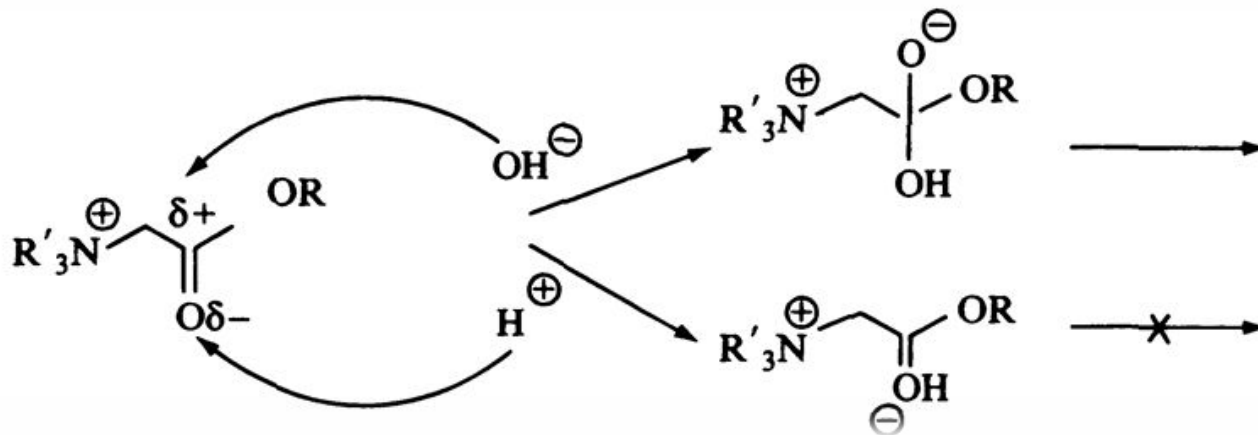
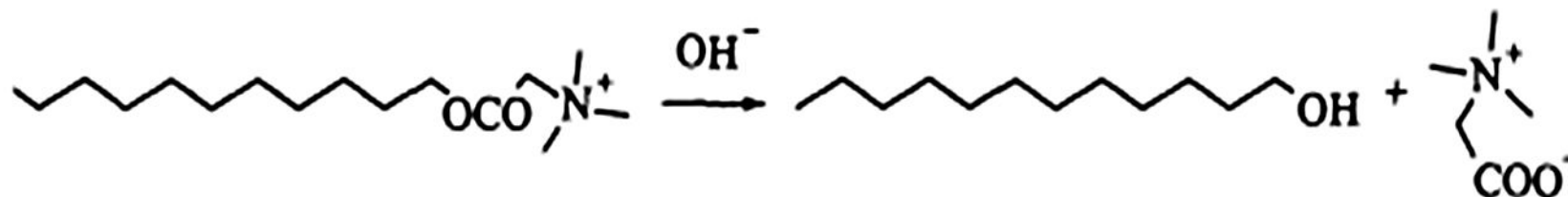


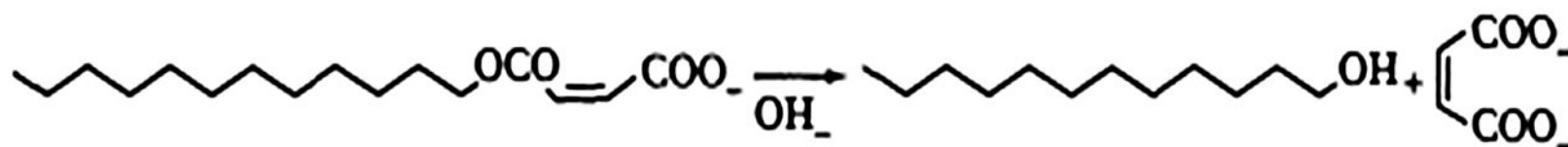
Рис. 15. Механизм кислотного и щелочного гидролиза эфиров бетаина

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Наиболее часто используемый путь получения разрушающихся ПАВ заключается в ведении в молекулы связей, лабильных в кислых и щелочных средах.**



Щелочной гидролиз катионного ПАВ, обладающего бактерицидным действием, с образованием алифатического спирта и бетаина.



Щелочной гидролиз анионного ПАВ (соль полуэфира малеиновой кислоты) с образованием гидрофобного алифатического спирта и водорастворимого малеата.



## Другие подходы к синтезу биоразлагаемых ПАВ

### **Синтез ПАВ, разрушающихся при облучении ультрафиолетом.**

В результате фотохимического разрушения образуются соединения, не обладающие поверхностной активностью. При этом достигается максимально быстрое разрушение ПАВ. Использование фотолабильных ПАВ перспективно при использовании ПАВ в качестве эмульгаторов в процессах эмульсионной полимеризации и при создании различных покрытий.

### **Синтез озон – лабильные соединения.**

Такие ПАВ, содержащие ненасыщенные связи, легко разрушаются при озонировании воды, которое становится важнейшим способом ее очистки.



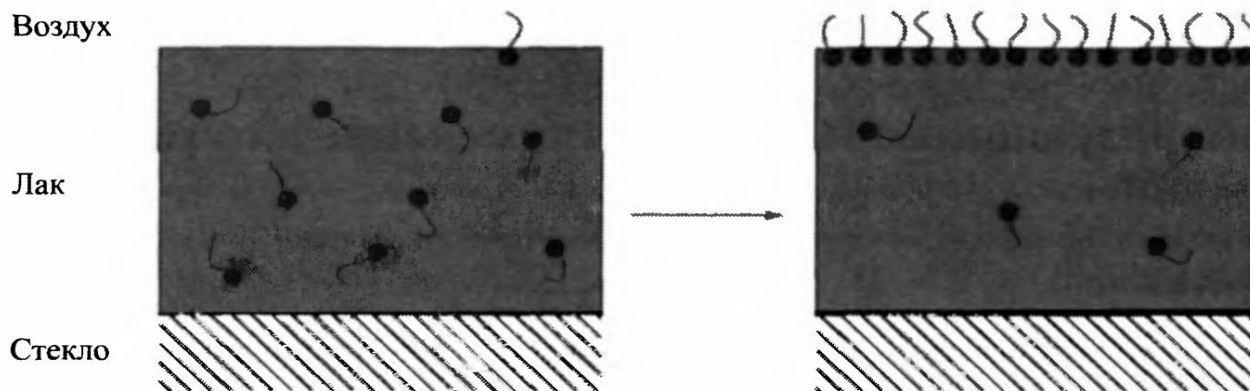


# ПОЛИМЕРИЗУЮЩИЕСЯ ПАВ

Полимеризующиеся ПАВ иногда называют «функциональными», поскольку наряду с высокой поверхностной активностью эти вещества обладают определенными специфическими свойствами. Интерес к таким ПАВ вызван тем, что часто поверхностная активность ПАВ необходима только на определенной стадии технологического процесса, но это свойство оказывается бесполезным или даже нежелательным на следующих стадиях.

Производство красок — хороший пример, когда ПАВ нужны на первой стадии, но нежелательны на последующих.

ПАВ используются в производстве красителей в качестве эмульгаторов для связующих веществ, как диспергаторы для пигментов и для регулирования смачивания подложки. Присутствие ПАВ в сухой пленке краски часто приводит к проблемам, поскольку ПАВ действует как введенный пластификатор, приводя к размягчению и увеличению гибкости пленки. Пластифицирующее действие можно считать преимуществом системы, если бы пластификатор был распределен равномерно по всему покрытию. Но вследствие поверхностной активности ПАВ мигрирует из объема фазы и концентрируется на поверхностях раздела фаз. Было установлено, что молекулы ПАВ преимущественно накапливаются на границе раздела пленка-воздух, где они ориентируются гидрофобными «хвостами» к воздуху (рис.18).



**Рис. 18.** Миграция ПАВ внутри пленки лака приводит к обогащению поверхности поверхностно-активным веществом

### **Способы преодоления проблем, связанных с присутствием ПАВ в конечных продуктах:**

**Использование ПАВ, химически закрепляемых на частицах латекса. Полимеризация ПАВ на стадиях затвердения и сушки. При этом ПАВ может образовывать гомополимер или сополимер с каким-либо компонентом смеси.**

**Использование ПАВ с лабильными связями, спонтанно разрушающимися на определенной стадии.**



# Способы полимеризации ПАВ

## Гомополимеризация или сополимеризация

В композициях, содержащих реакционноспособные ПАВ, гомополимеризация дифильного компонента происходит при достаточно высоких концентрациях.

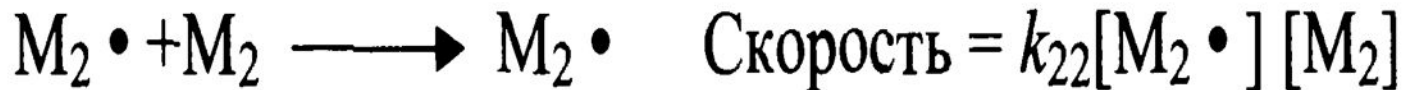
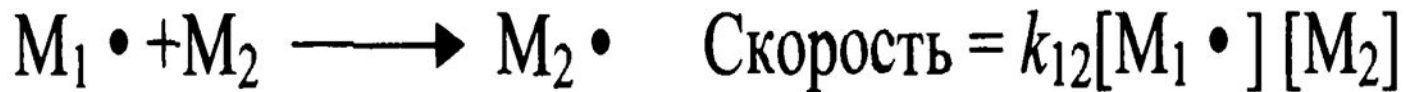
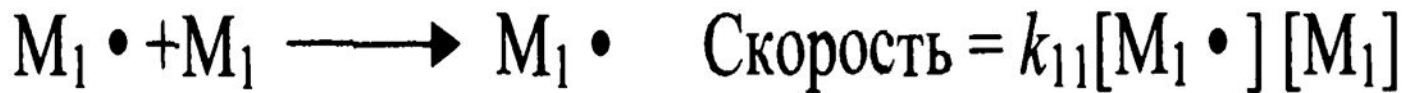
В технических композициях концентрация ПАВ слишком мала для гомополимеризации в объеме всей фазы.

Однако гомополимеризация молекул ПАВ может происходить в плотных адсорбционных слоях, которые образуются либо при адсорбции из водного раствора, либо в результате миграции через пленку.



## Лекция 11: Новые поверхностно-активные вещества

Сополимеризация может происходить в объеме фазы. Для сополимеризации мономера  $M_1$  и поверхностно-активного вещества  $M_2$  соотношение реакционных способностей должно быть  $r_1$  и  $r_2$ , где  $r_1$  и  $r_2$  определяются как  $r_1 = k_{11}/k_{12}$  и  $r_2 = k_{22}/k_{21} * k_{nm}$  — константы скорости четырех возможных путей олимеризующиеся присоединения мономера:



# АВТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ИЛИ НЕАВТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ.

Автоокисление, т. е. индуцированное кислородом отверждение, может происходить в процессе сополимеризации в объемной фазе и в процессе гомополимеризации монослоя на поверхности.

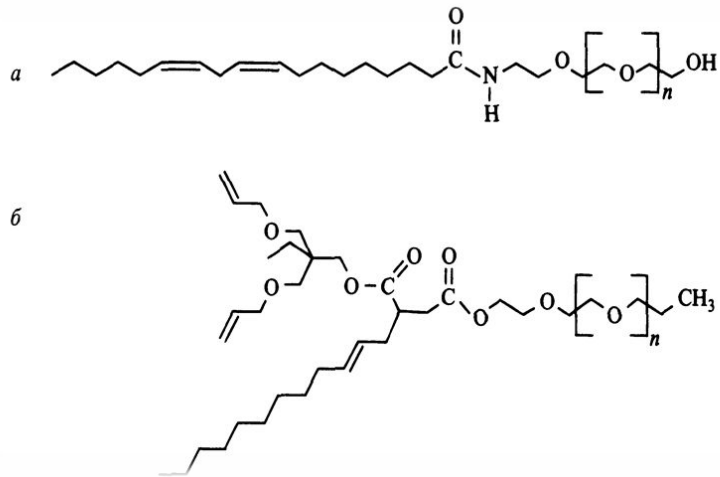


Рис. 19. Два неионных ПАВ, способных к автоокислению: *a* — этоксилированный моноэтанол-амид линолевой кислоты; *б* — этоксилированный сложный моноэфир додецилнтарной кислоты и простого эфира триметилпропандиаллила

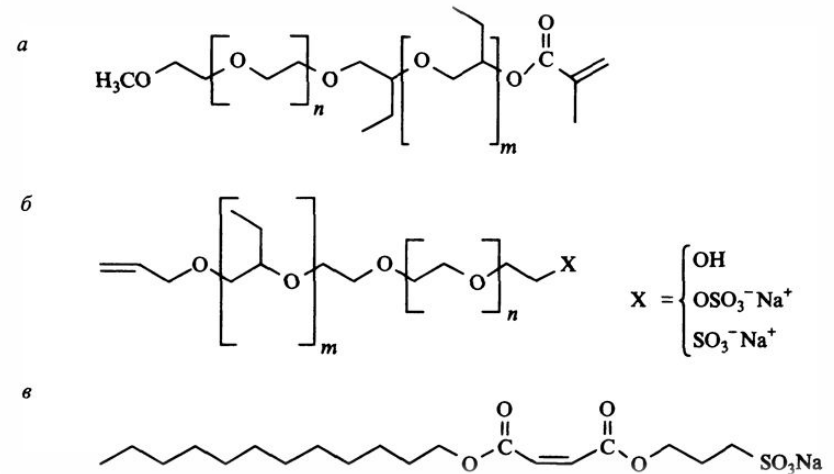


Рис. 20. Примеры полимеризующихся ПАВ: *a* — метакрилат блок-сополимера этиленоксида и бутиленоксида с концевой метильной группой; *б* — блок-сополимер бутиленоксида и этиленоксида с аллильной концевой группой и с различными группами на другом конце; *в* — монододецилмоно-сульфопропилмалеат

**Неавтоокислительная полимеризация происходит в процессе отверждения под действием ультрафиолетового облучения или теплового воздействия с использованием свободнорадикальных инициаторов, например бензоилпероксида или персульфата калия. Подобно автоокислению, здесь также может происходить отверждение в объеме и в поверхностном слое.**

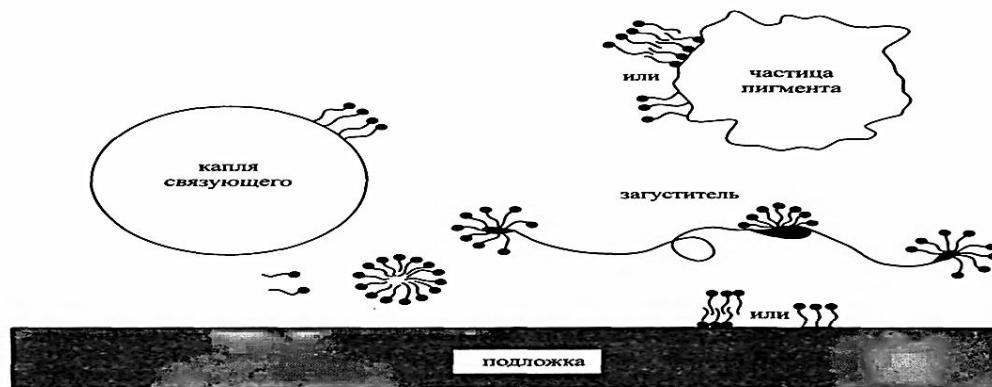
**Поверхностно-активные вещества в этом случае, как правило, содержат активированные винильные группы, к ним относятся, например, эфиры акриловой или метакриловой кислот. Некоторые примеры поверхностно-активных веществ, способных быстро затвердевать под действием ультрафиолетового излучения, приведены на рис. 20.**

# ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ПАВ

## Эмульсионная полимеризация.

Полимеризующиеся ПАВ применяются в процессах эмульсионной полимеризации, например при превращении винилхлорида в поливинилхлорид (ПВХ), а также акрилатов и винилацетата в латексы для покрытий. Использование реакционноспособных ПАВ при полимеризации винилхлорида приводит к образованию ПВХ с повышенной сопротивляемостью сдвиговым нагрузкам. При получении латексов полимеризующиеся ПАВ обеспечивают ряд ценных свойств продукту. Латексы в этом случае обнаруживают повышенную устойчивость к сдвигу, замораживанию и разбавлению, а также пониженное пенообразование. В целом пленочные покрытия таких латексов характеризуются лучшей адгезией и устойчивостью к воде и химическим реагентам.

Рис. 21. Композиции ПАВ включают различные межфазные поверхности.



# Применение полимеризующихся ПАВ

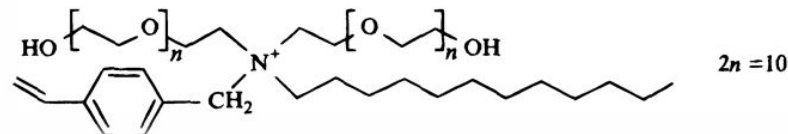
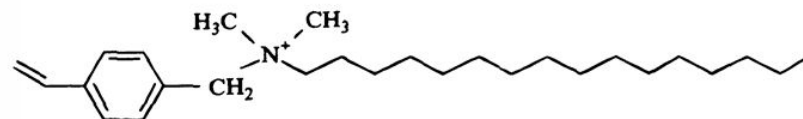
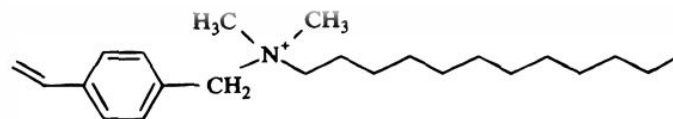
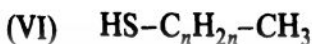
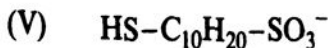
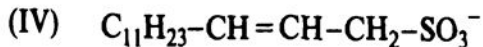
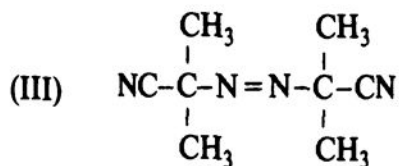
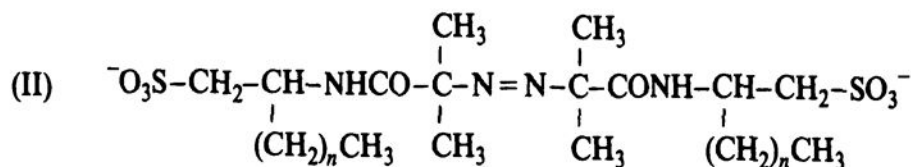
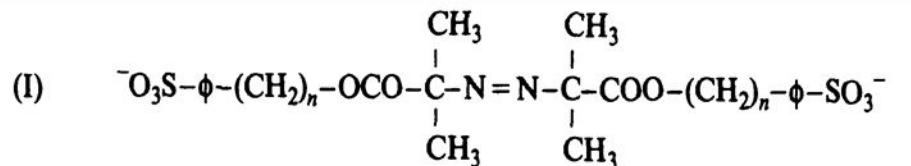
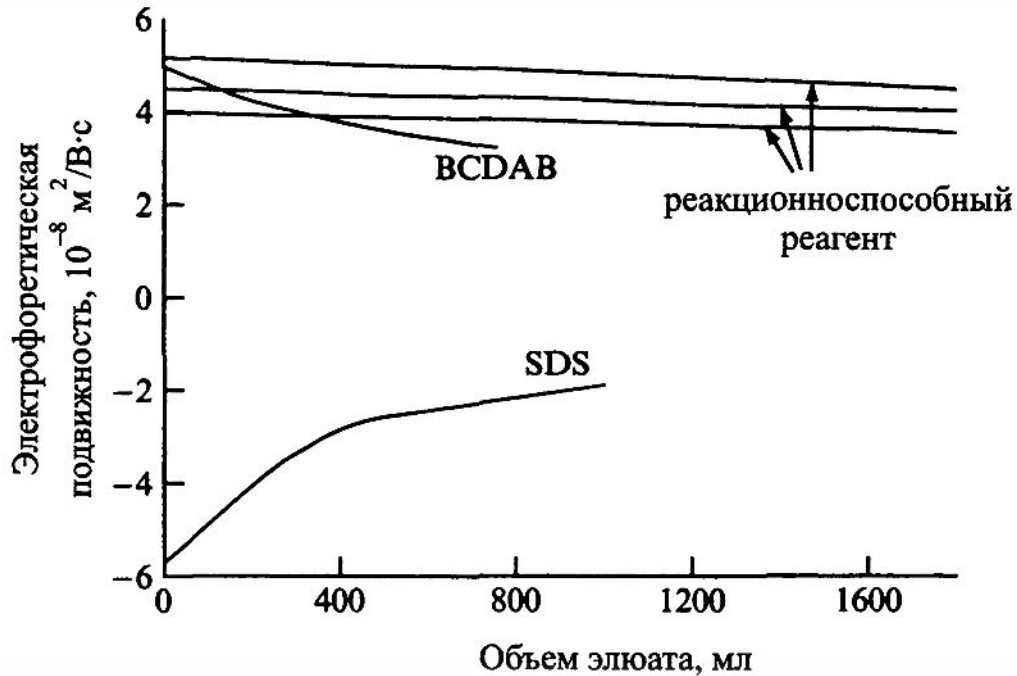


Рис. 23. Реакционноспособные катионные ПАВ

Рис. 22. Структуры различных полимеризующихся ПАВ: I, II — ПАВ, которые выполняют роль инициаторов полимеризации; IV, V — ПАВ, которые способны осуществлять функцию передачи цепи. Для сравнения приведены также структуры обычного инициатора полимеризации (соединение III) и вещества, обладающего функцией переноса цепи (соединение VI)



# Применение полимеризующихся ПАВ



**Рис. 11.24.** Зависимость электрофоретической подвижности полистирольных латексов от разбавления. Латексы получены с использованием полимеризующихся катионных ПАВ, показанных на рис. 11.23. Для сравнения приведены те же зависимости для латексов, полученных с использованием не способных к полимеризации ПАВ: бромид бензилцетилдиметиламмония (BCDAB), а также додецилсульфата натрия (SDS).

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ПАВ

### Алкидные эмульсии.

Требования защиты окружающей среды вызвали интерес к алкидным эмульсиям. Применение эмульгаторов, способных участвовать в процессах автоокислительного отверждения связующего, приводит к значительному улучшению качества пленки.

Этоксилаты моноэтаноламидов жирных кислот с большим содержанием фракций с ненасыщенными жирнокислотными остатками применяют для получения алкидных эмульсий, стабильных в течение определенного срока хранения. Пленки из алкидных лаков, содержащих ПАВ этого типа, быстрее сохнут и становятся прочнее, чем пленки, содержащие то же количество не способных к полимеризации неионных ПАВ с такими же числами ГЛБ.

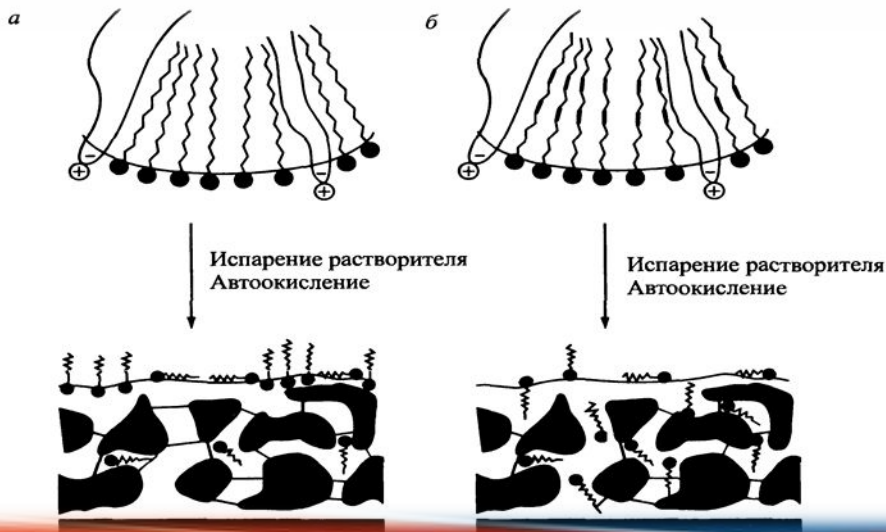


Рис. 25. Отверждение алкидных эмульсий, полученных с использованием обычного ПАВ (а) и с использованием способного к полимеризации ПАВ, содержащего сопряженные двойные связи в гидрофобной части молекулы (б). В последнем случае большая часть ПАВ химически связывается с сеткой смолы.

# МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

**Модифицирование поверхностей твердых тел достигается при адсорбции на поверхности реакционноспособных ПАВ.**

При условии поперечного сшивания молекул ПАВ по всему адсорбционному слою образуется тонкая пленка, необратимо закрепленная на поверхности. Таким образом можно гидрофобную поверхность сделать гидрофильной или привить к поверхности любые функциональные группы

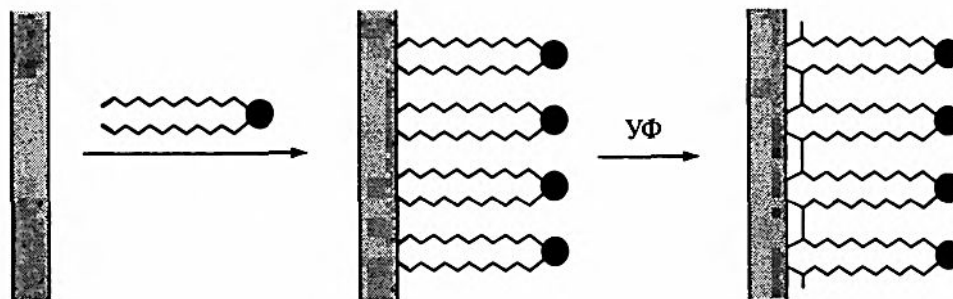
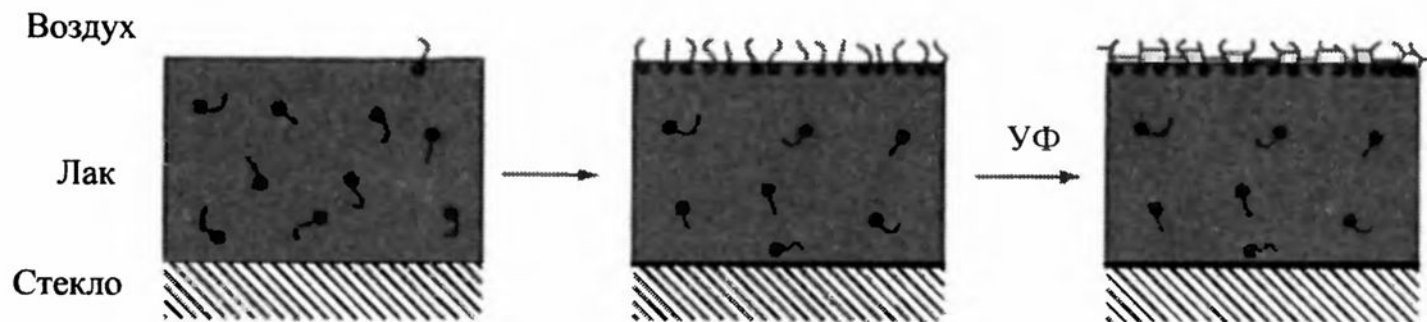


Рис. 26. Модифицирование поверхности твердого тела с использованием ПАВ, полимеризующихся при облучении ультрафиолетом.

**Поверхностный слой красок и лаков также можно модифицировать за счет миграции растворенных ПАВ к поверхности пленка – воздух в процессах сушки и отверждения.**

Поверхностный слой фторуглерода можно получить при растворении в лаках небольшого количества (менее 1%) способного к полимеризации фторированного ПАВ и образовании поперечно-сшитого монослоя ПАВ на поверхности пленки. На рис. показаны два фторированных ПАВ, которые были использованы в экспериментах: ПАВ(1) способно к полимеризации, а ПАВ (2) – нет.



**Рис. 27.** Модифицирование поверхности пленки лака путем миграции ПАВ к поверхности пленка–воздух, инициируемой ультрафиолетовым облучением





**СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ**