

*ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н. КАРАЗІНА  
КАФЕДРА ХІМІЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА*

**Спецкурс**  
**«Сучасний органічний синтез»**

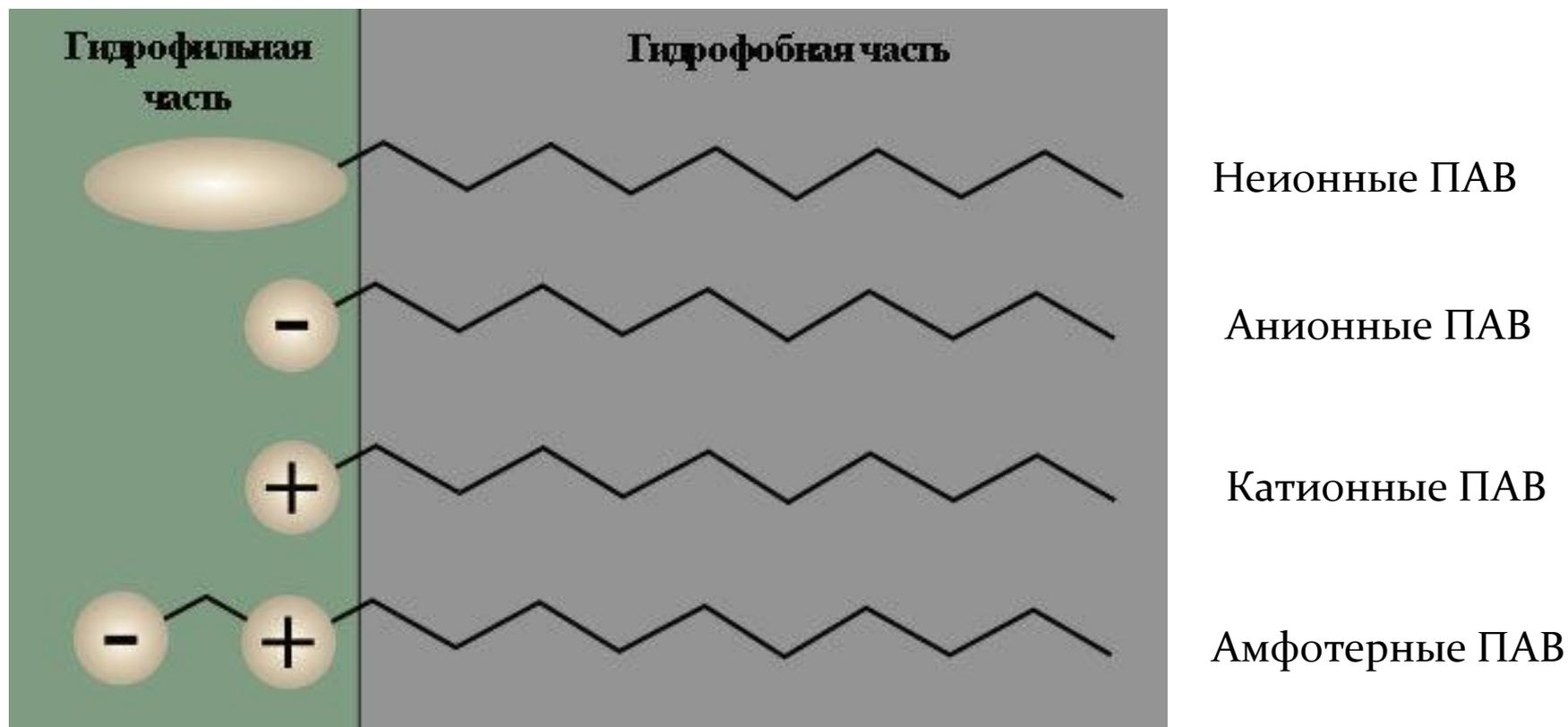
*(Частина 2. Промислове виробництво органічних речовин і  
матеріалів)*

*Ілюстративний матеріал до тема:  
Поверхнево-активні речовини*

*Доцент КХімМат ХФ Шкумат А.П.*

*Харків - 2020*

## *Поверхностно-активные вещества*



# Производство ПАВ

- В 2008 году годовой объем производства ПАВ составил 13 миллионов тонн. В 2012 году объём рынка ПАВ составлял 26,8 миллиарда долларов, в 2016 году до 31 миллиарда, а к 2020 ожидается до 36 миллиардов.
- Мировое производство ПАВ составляет 2–3 кг на душу населения в год. Примерно 50% производимых ПАВ используется для бытовой химии, остальное в промышленности и сельском хозяйстве. Одновременно с ежегодным ростом производства ПАВ соотношение между их применением в быту и промышленности изменяется в пользу промышленности.
- ПАВ находят применение **более чем в 100 отраслях народного хозяйства**. Большая часть производимых ПАВ используется в составе моющих средств, в производстве тканей и изделий на основе синтетических и природных волокон. К крупным потребителям ПАВ относятся **нефтяная, химическая промышленности, промышленность строительных материалов** и ряд других.

## Характеристика ПАВ

**Поверхностно-активные вещества (ПАВ)** - вещества с асимметричной молекулярной структурой, молекулы которых содержат одну или несколько гидрофильных групп и один или несколько гидрофобных радикалов. Такая структура, называемая дифильной, обуславливает их способность концентрироваться (адсорбироваться) на межфазных поверхностях раздела, изменяя их свойству, то есть они проявляют поверхностную (адсорбционную) активность ПАВ.

По характеру диссоциации все ПАВ разделяются на:

- **анионные ПАВ**, функциональные группы которых вследствие ионизации в водном растворе образуют отрицательно заряженные органические ионы, которые обуславливают поверхностную активность вещества;

- **катионные ПАВ**, функциональные группы которых, вследствие ионизации в водном растворе образуют положительно заряженные органические ионы, которые обуславливают поверхностную активность вещества;

- **неионогенные ПАВ**, которые практически не создают в водном растворе ионов;

- **амфолитные ПАВ**, которые в водном растворе в зависимости от условий (рН, дополнительного составляющего – растворителя и т. п.) ведут себя или как анионоактивные, или как катионоактивные вещества;

- **высокомолекулярные (полимерные) ПАВ**, которых состоят из большого числа элементарных звеньев, каждое из которых имеет полярные и неполярные группы. Они выделяются в отдельную группу ПАВ.

# Гидрофобные группы ПАВ

Наиболее распространены гидрофобные группы (входящие как радикал R во все классы ПАВ) :

- первичный, вторичный или третичный алкил  $C_nH_{2n+1}$  (нормального строения или разветвленного);
- алкенил  $C_nH_{2n+1}CH=CH-C_mH_{2m}$  -;
- алкинил  $C_nH_{2n+1}C\equiv C-C_mH_{2m}$  -;
- алкилфенил  $C_nH_{2n+1}-C_6H_5$  -;
- моно- или полиалкилнафталил  $C_nH_{2n+1}-C_{10}H_6$  -;
- алкилциклоалкил  $C_nH_{2n+1}-C_6H_{10}$  -;
- перфторалкильные радикалы  $C_nF_{2n+1}$  и тому подобное.

Функцию гидрофобной части ПАВ могут выполнять также:

- фрагменты стероидных спиртов и кислот,
- полиоксиэтиленовые и полиоксипропиленовые
- полидиметилсилоксановые фрагменты молекул.

# Анионные ПАВ

- – соли карбоновых кислот  $\text{RCOOMe}$ ;
- – соли сульфоефиров (металл алкилсульфаты)  $\text{ROSO}_3\text{Me}$ ;
- – соли сульфоновых кислот (металл алкилсульфонаты)  $\text{RSO}_3\text{Me}$ ;
- – соли сульфиновых кислот (металлалкилсульфинаты)  $\text{RSO}_2\text{Me}$ ;
- – соли тиосульфатов (металл S-алкилтиосульфаты)  $\text{RS}_2\text{O}_3\text{Me}$ ;
- – соли персульфатов  $\text{ROS}_2\text{OOSO}_3\text{Me}$  ;
- – соли сульфаминовых кислот  $\text{R}'\text{R}''\text{NSO}_3\text{Me}$  (металл ациламиносульфонаты);
- – металлалкилфосфаты  $\text{ROPO}(\text{OMe})_2$  ,  $(\text{RO})_2\text{POOMe}$ ;
- – металлдиалкилдифосфаты  $\text{ROP}(\text{OMe})_3$
- – металлалкилфосфиты  $\text{RPO}(\text{OMe})_2$
- – металлалкилфосфонаты  $\text{RPO}(\text{OMe})_2$  ,  $\text{R}_3\text{PO}(\text{OMe})$ .

Для всех анионных ПАВ символ Me – металл (чаще всего катион щелочного металла) или аммоний-катион.

# Катионные ПАВ

- – соли аминов (первичных, вторичных и третичных), алкилгидразинов, гидразонов, гуанидинов та других соединений общей формулы  $RNR'R'' \cdot HX$ ;
- – четвертичные аммониевые основания и их соли общей формулы  $[RN(R'R''R''')]^+X^-$ ;
- – четвертичные основания гетероциклических соединений и их соли (алкилпиридиний ацилаты  $[RNC_5H_5]^+X^-$  и др.);
- – четвертичные оксиды аминов  $RN(CH_2)_2O$ ;
- – четвертичные фосфониевые основания и их соли  $[RP(R'R''R''')]^+X^-$ ;
- – четвертичные арсониевые основания и их соли –  $[RAS(R'R''R''')]^+X^-$ ;
- – третичные сульфониевые основания и их соли –  $[RS(R'R'')]^+X^-$ .

\*Для всех катионных ПАВ  $X^-$  – анион.

# Неионогенные ПАВ

- ✓ – одно- и многоатомные спирты  $\text{ROH}$  и  $\text{R(OH)}_n$ ;
- ✓ – кислоты  $\text{RCOOH}$  (кислоты, имеющие высокую константу диссоциации);
- ✓ – амины  $\text{RNR'R''}$ ;
- ✓ – альдегиды и кетоны  $\text{RCHO}$ ,  $\text{RCOR'}$ ;
- ✓ – простые эфиры (этеры)  $\text{ROR'}$ ;
- ✓ – эстеры одно- и многоатомных спиртов и кислот  $\text{RCOOR'}$ ;
- ✓ – сложных эфиров глюкозидов  $\text{RCOOG}$  (де  $G$  – остаток глюкозида);
- ✓ – амиды кислот  $\text{CONR'R''}$ );
- ✓ – нитрилы  $\text{RCN}$ ;
- ✓ – нитросоединения  $\text{RNO}_2$ ;
- ✓ – алкилгалогениды  $\text{RHal}$ ;
- ✓ – гидроксиэтильные производные спиртов, кислот, аминов, амидов, фенолов, глюкозидов, сульфатов, сульфонов, фосфатов и других веществ, которые имеют активный атом Гидрогена, общей формулы  $[\text{R}]_m \text{Y}[(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n \text{H}]_k$  (где  $\text{Y}$  — полярные группы перечисленных классов веществ,  $m$  и  $k$  в большинстве случаев равны 1);
- ✓ – сополимеры оксирана (оксида этилена) и метилоксирана (оксида пропилена) общей формулы  $\text{HO}(\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{O})_n(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_m\text{H}$ . Такие сополимеры по механизму действия подобны до низкомолекулярных неионогенных ПАВ).

# Амфолитные ПАВ

- ❖ – карбоксибетаины (триалкиламмонийалканоаты)  
 $(R'R''R''')N^+RCOO^-$ ;
- ❖ – сульфобетаины (триалкиламмонийалкансульфонаты)  
 $(R'R''R''')N^+RSO_3^-$ ;
- ❖ – аминокарбоновые кислоты и их соли  $H_2NRCOOH$   
 $RR'NR''(CONHR''')_nCOOH$  (в том числе как третичная  
аминогруппа - гетероциклы);
- ❖ – фосфобетаины (триалкиламмонийалканфосфаты)  
 $(RPO_3(CH_2)_nN^+(R')_3)$ ;

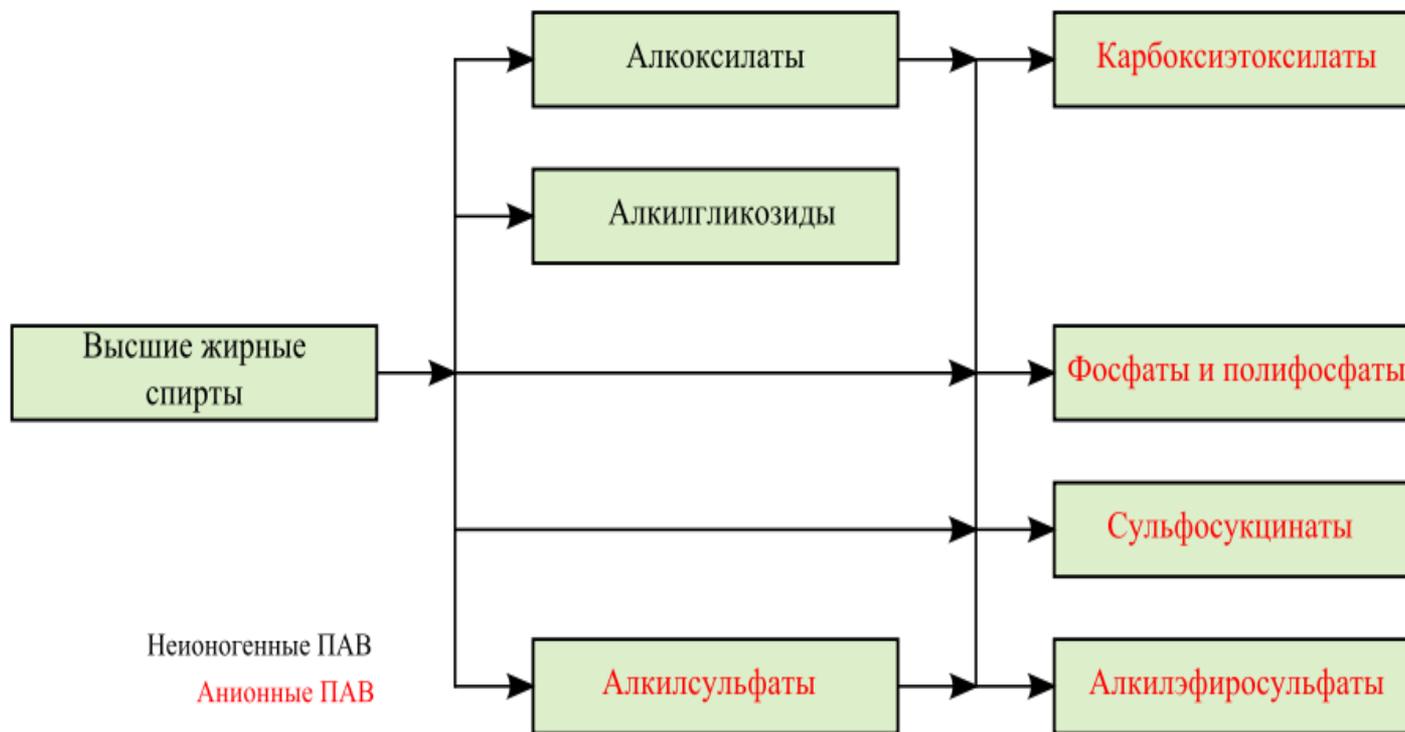
# Высокомолекулярные ПАВ

- ❑ Для всех высокомолекулярных ПАВ характерно линейное строение цепи. Сшитые полимеры непригодны как ПАВ. Механизм действия и адсорбционная способность полимерных ПАВ принципиально отличается от такого для выше указанных (анионных, катионных, неионогенных и амфолитных) ПАВ.
- ❑ По характеру диссоциации полярных групп полимерные ПАВ делятся на анионные, катионные, неионогенные и амфолитные.
- ❑ По строению гидрофильной группы они относятся к соответствующему классу.
- ❑ Полимерные ПАВ делятся с учетом строения элементарного звена на
  - ❑ -природные полипептиды и полисахариды,
  - синтетические поливинилы или замещенные полиэтилены  
 $[-\text{CH}_2\text{CHX}-]_n$ ,  $[-\text{CHXCHZ}-]_n$ ,
  - полиокси, полиимины, полиэфиры, полиамиды и др. общей формулы  
 $[-(\text{CH}_2)_m\text{Y}-]_n$ .

Полимерные ПАВ также могут иметь несколько типов поверхностноактивных функциональных групп, то есть они бывают часто полифункциональными.

# Производство ПАВ из высших жирных спиртов

Важнейшим сырьём в производстве современных поверхностно-активных веществ для синтетических моющих средств являются **высшие жирные спирты**, которые в зависимости от реагента дают неионогенные (НПАВ) или анионные ПАВ (АПАВ). Мировой объём использования высших жирных спиртов в производстве ПАВ в 2000 году составил **1,68 млн тонн**. В 2003 году около **2,5 млн тонн** ПАВ было произведено на основе высших жирных спиртов.



Анионные

поверхностно-активные вещества

# Наиболее важные современные источники сырья АПАВ:

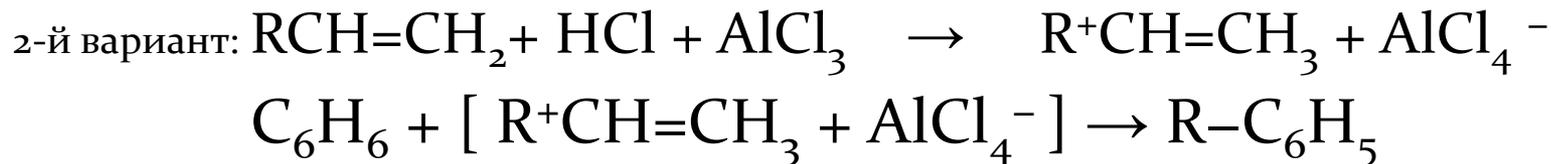
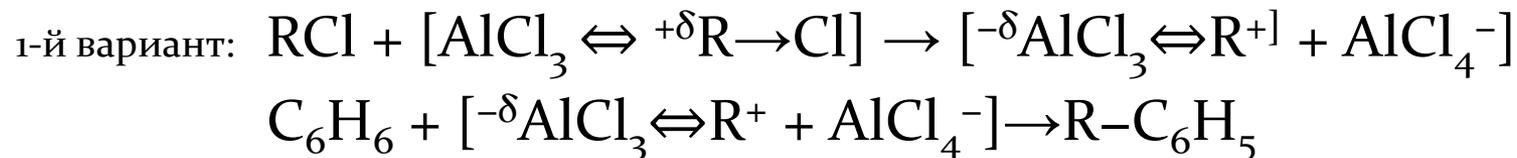
- алкилбензолы, алкилнафталины и другие алкилированные ароматические соединения,
- неразветвленные парафины,
- неразветвленные олефины с концевым или внутренним положением двойной связи и разветвленные олефины,
- длинноцепочечные спирты (линейные или разветвленные),
- этоксилаты спиртов и алкилфенолов,
- высшие (жирные) кислоты и их производные (метиловые эфиры, глицериды, алканоламиды),
- возобновляемые сырьевые источники биологического и растительного происхождения .

**Около 70% всех производимых в мире АПАВ (кроме мыла) базируется на синтетическом сырье.**

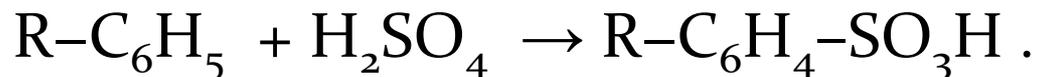
# Алкиларилсульфонаты

Технология получения включает две основные стадии:

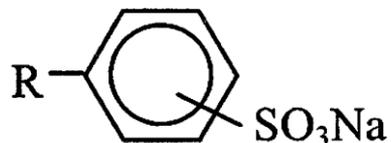
➤ **алкилирование** ароматического углеводорода и



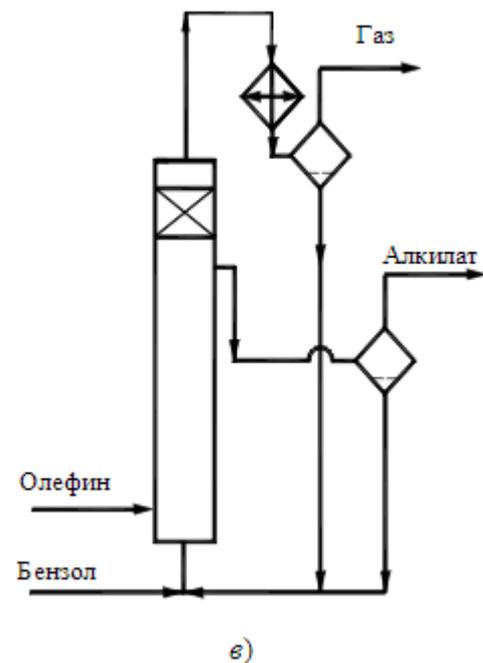
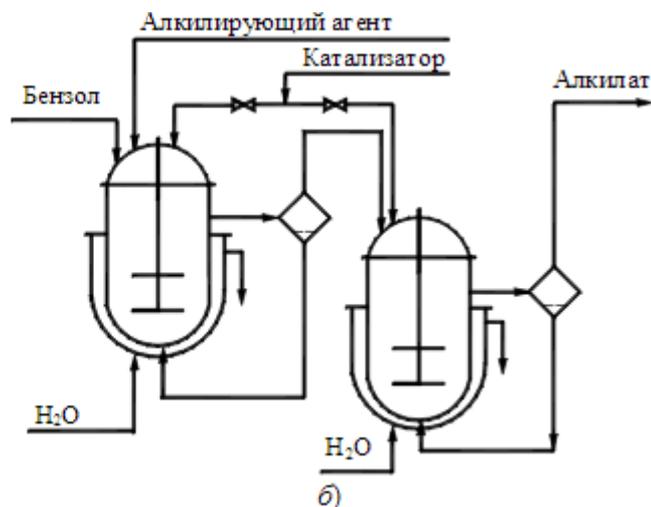
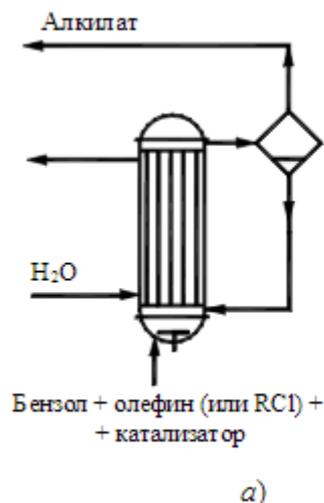
➤ **сульфирование**



Алкилбензолсульфо кислота (АБСК) с содержанием основного вещества 97-99% является удобным в транспортировке жидким товарным продуктом, и ее нейтрализацию щелочью часто проводят непосредственно на заводе-потребителе, перед введением в моющее средство (МС).



# Алкилирование ароматических соединений

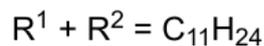
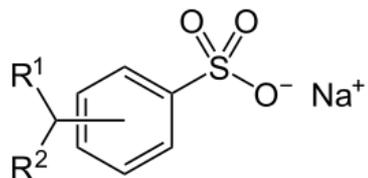


Реакционные узлы для алкилирования  
ароматических углеводородов в присутствии  
хлорида алюминия:

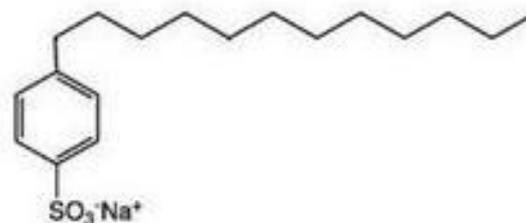
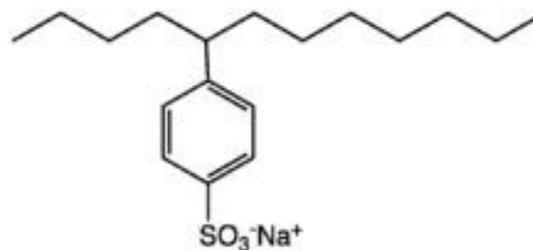
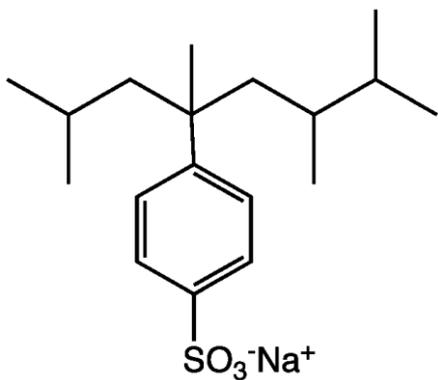
- а – трубчатый реактор;
- б – каскад реакторов с мешалками;
- в – реактор колонного типа

# Сульфонол - додецилбензолсульфонат натрия

алкилбензолсульфонат, смесь изомеров натриевых солей алкилбензолсульфокислот, с общей формулой  $R-C_6H_4NaO_3S$ , где  $R$  — радикал, соответствующий общей формуле  $C_nH_{2n+1}$ , где  $n=14-18$ .



## Изомеры сульфанола



# Карбоксиэтоксилаты -



*Карбоксиэтоксилаты получают из гидроксиэтилированных спиртов, фенолов действием хлоруксусной кислоты в присутствии щёлочи. Целевая кислота выделяется подкислением водного раствора и отделением водно-солевой фазы.*



*Алкилсульфаты*



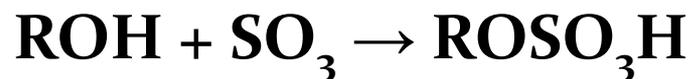
*Алкилэфиросульфаты*



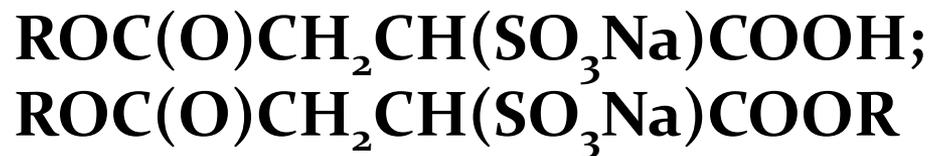
*Сырье для получения товарных продуктов:*

- *спирты;*
- *гидроксиэтилированные спирты*
- *серная кислота, оксид серы(VI), хлорсульфоновая кислота*

Производство - прямое сульфирование спиртов при последующей нейтрализации раствора щелочью.



## Сульфосукцинаты

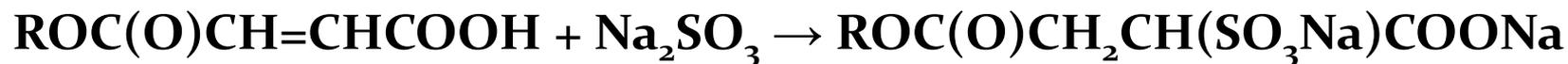


Сульфосукцинаты – получают этерификацией спиртов малеиновым ангидридом (Т до 100 °С) и дальнейшее взаимодействие сульфита натрия при нагревании.

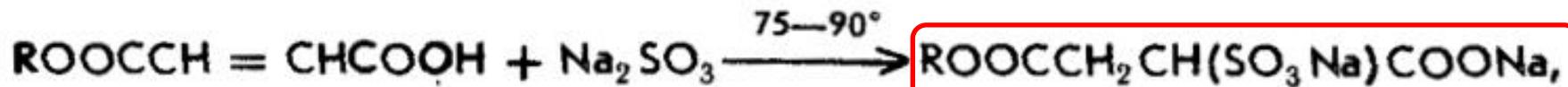
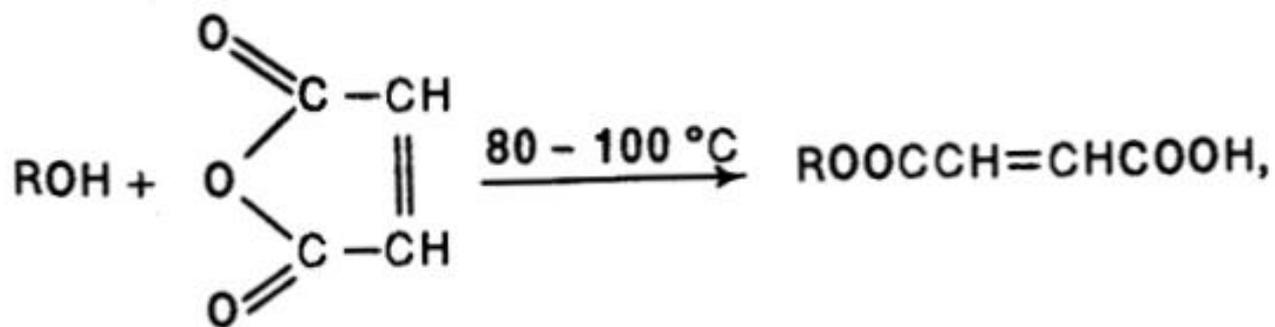
### Сырье для получения товарных продуктов:

- высшие жирные спирты
- малеиновый ангидрид,
- сульфит натрия.

### Схема процесса:



## Получение сульфосукцинатов (детализация схемы процесса)



где  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  —,  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  —  $(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_m$  —,

$\text{R}'\text{CONHCH}_2\text{CH}_2$  —,  $\text{R}'\text{CONHCH}_2\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_m$  — или

$\text{R}''\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2$  —.

## Фосфаты и полифосфаты



*Фосфаты и полифосфаты* получают добавлением порошкообразного оксида фосфора при интенсивном перемешивании к безводным спиртам в безводной среде при 50—70 °С.

### Сырье для получения товарных продуктов:

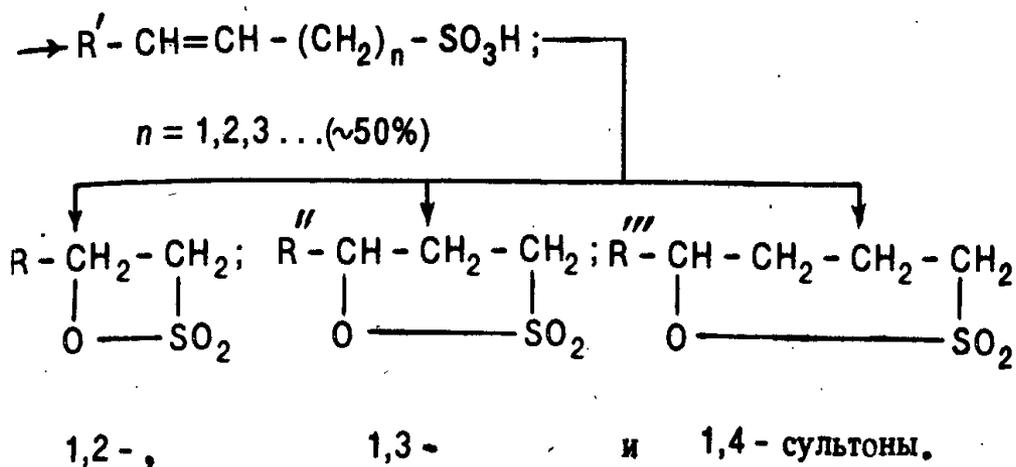
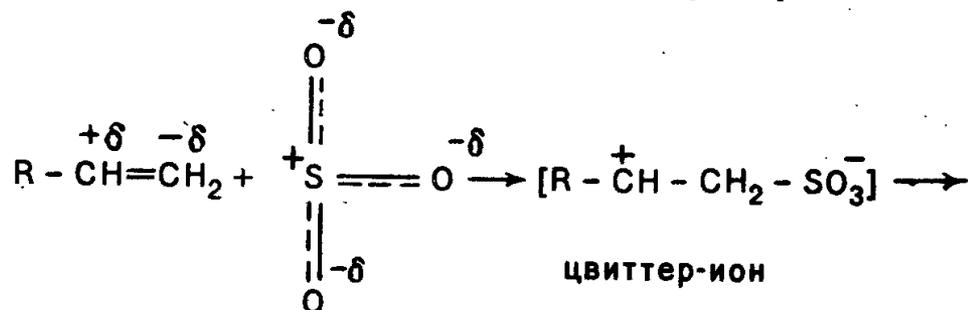
- высшие жирные спирты
- пентаоксид фосфора (оксид фосфора(V), *сфорный ангидрид, пятиокись фосфора*) —  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$

Вместо оксида фосфора также используются полифосфорные кислоты, а в качестве исходных продуктов — этоксилаты спиртов.

### Схема процесса:



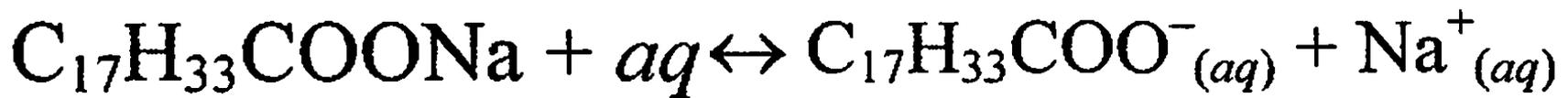
# Сульфирование альфа-олефинов - получение олефинсульфатов натрия



Последующий процесс – щелочной гидролиз в реакторе периодического действия при 100 °С или 150 – 170 °С под давлением.

Типичный состав α-олефинсульфатов натрия:

64-72 % алкен-, 21-28 % гидроксисалкан- и 5-11 % дисульфонов.



## **Мыло** R-COONa

**Промышленное производство мыла.** Для данного вида деятельности используются животные жиры, недорогие масла (пальмовое или кокосовое), канифоль, нафтеновые и жирные кислоты (их получают из парафина нефти).

- Для мелкого производства используются **высококачественные составляющие:** очищенные животные и растительные жиры.
- В химическом отношении основным компонентом твёрдого мыла является смесь растворимых солей высших жирных кислот. Обычно это натриевые, реже — калиевые и аммониевые соли таких кислот, как стеариновая, пальмитиновая, миристиновая, лауриновая и олеиновая.
- Вариант химического состава твёрдого мыла —  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$  (жидкого —  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$ ).

### **Химическая стадия производства**

- На первой с помощью водного раствора солей натрия (калия), жирных кислот и щелочей получают так называемое клеевое мыло, которое впоследствии очищается обработкой электролитами (водным раствором хлорида натрия и щелочью). Под действием данных процессов, мыло «высаливается» - расслаивается, а на поверхность всплывают «мыльные сливки» (концентрированное мыло с обилием жирных кислот).
- В нижнем слое остается вода, глицерин и загрязняющие вещества исходного сырья. Определенное количество глицерина очищают и снова добавляют в массу. Мыло, которое получается в конечном итоге, называют **ядровым или хозяйственным**.

### **Механическая стадия производства**

- На механической стадии производства происходит охлаждение, сушка и смешивание с разными добавками. Получившееся ядровое мыло нужно перетереть на валиках пилирной машины (для значительного повышения жирных кислот и его устойчивости к внешним неблагоприятным факторам). С помощью прессования продукт приобретает нужную форму.

**Мыла:**



Для производства туалетного мыла, в получившейся очищенной массе нужно снизить содержание воды с 30% до 12%.

После этого добавляют различные добавки, парфюмерные отдушки, масла, красители и витамины.

### Хозяйственное мыло

- При охлаждении натриевого мыла ( $Me^+ = Na$ ) получается хозяйственное мыло. Твёрдое мыло содержит 40–72 % основного вещества, 0,1–0,2 % свободной щёлочи, 1–2 % свободных карбонатов Na, 0,5–1,5 % нерастворимого в воде остатка.

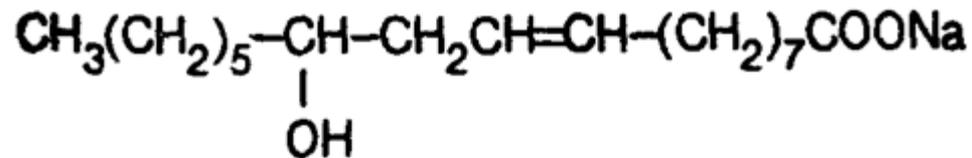
### В качестве загустителя

- В технике широко применяется кальциевое ( $Me^{++} = Ca^{++}$ ) и литиевое ( $Me^+ = Li^+$ ) мыло, в качестве загустителя смазок. Так, широко известная смазка **СОЛИДОЛ** представляет собой нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом, а **ЛИТОЛ** - такое же масло, загущенное литиевым мылом (литиевая соль стеариновой кислоты).

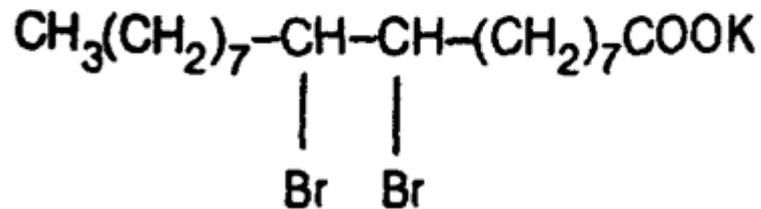
## Редкие формы мыла:

- на основе касторового масла

-отвержденные бромированием олеиновой кислоты



рицинолеат натрия



9,10-дибромстеарат калия

**Неионогенные  
поверхностно-активные вещества  
(НПАВ)**

## Неионогенные поверхностно-активные вещества классифицируют на следующие основные группы:

- 1) полиоксиэтилированные алкилфенолы (изооктил-, нонил-, додецилфенолы), называемые ОП, с цифрой, отвечающей числу введенных этилен оксидных групп (ОП-7. ОП-10):



- 2) продукты полиоксиэтилирования высших карбоновых кислот (стеариновой, олеиновой или смесей высших жирных кислот, получаемых окислением парафина):

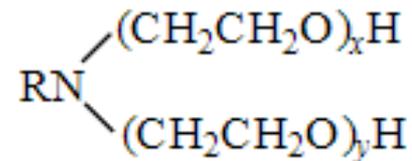
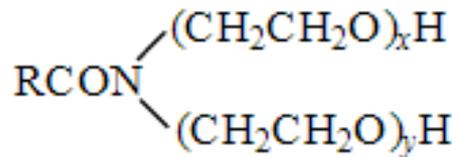


- 3) продукты полиоксиэтилирования высших спиртов (олеилового. стеарилового. спиртов оксосинтеза или гидрирования высших жирных кислот, полученных окислением парафина) и соответствующих меркаптанов:

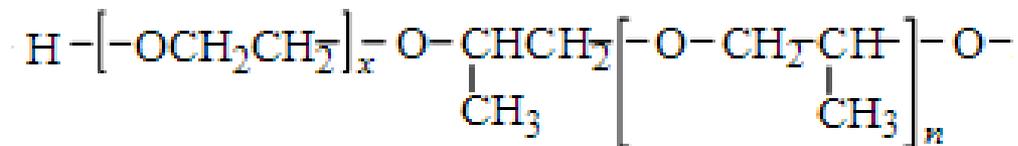


## Продолжение

- 4) продукты полиоксиэтилирования амидов высших кислот, сульфамидов и аминов:



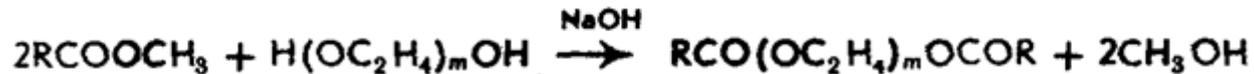
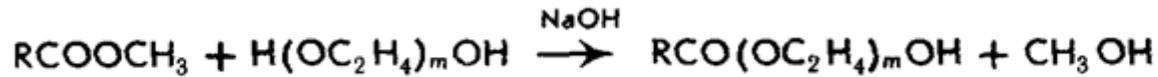
- 5) полимерные неионогенные моющие вещества, где гидрофобной группировкой служат полипропиленгликоли, которые при молекулярной массе от 800 до нескольких тысяч в результате наличия метильных групп обладают достаточным гидрофобным действием. При их оксиэтилировании по концевым ОН-группам получают моющие вещества:



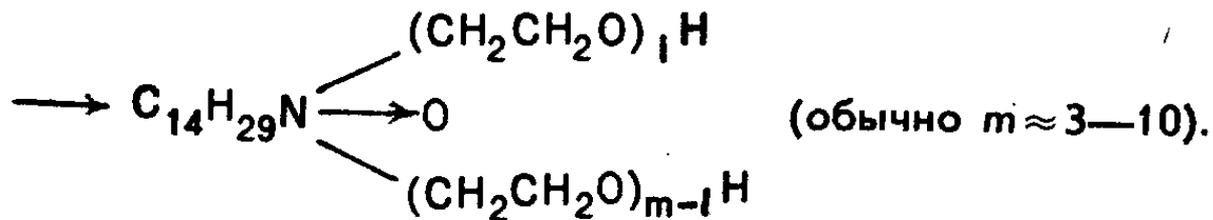
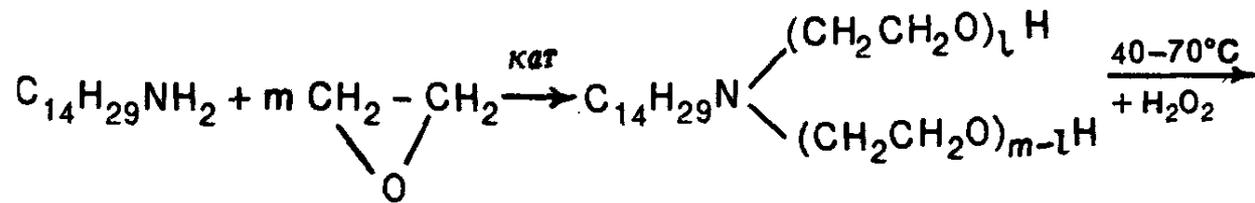
Все эти продукты являются **вязкими жидкостями, пастами или воскообразными веществами**, растворимыми в воде. Их физические и технические свойства можно изменять в широких пределах, выбирая гидрофобную часть молекулы и число этиленоксидных групп в гидрофильной цепочке. **По химическому составу они неоднородны:** при постепенном росте этой цепи образуется смесь продуктов с различным числом этиленоксидных групп.

# Полиоксиэтилирование

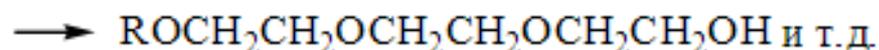
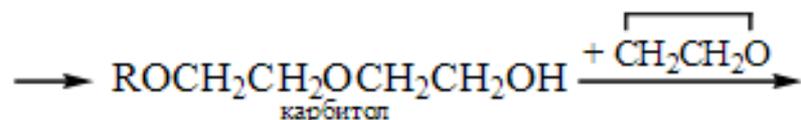
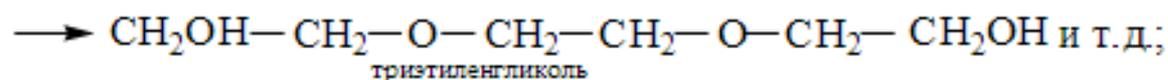
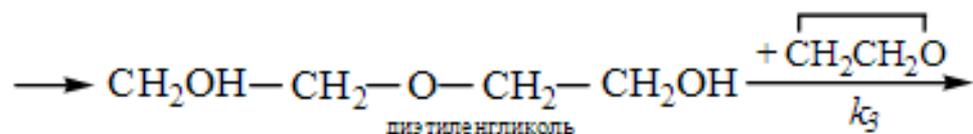
*Получение полиэтиленгликолевых эстеров карбоновых кислот*



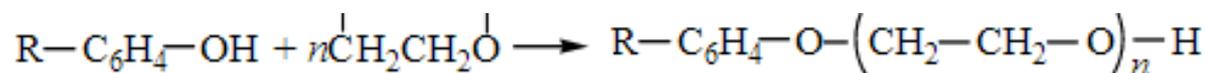
*Получение нейногенного ПАВ с хорошей субстантивностью к волосам, стабилизирующее пену и регулирующее вязкость*



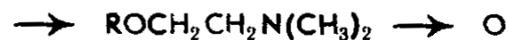
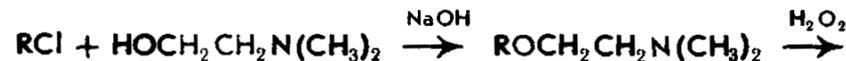
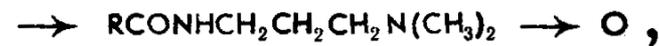
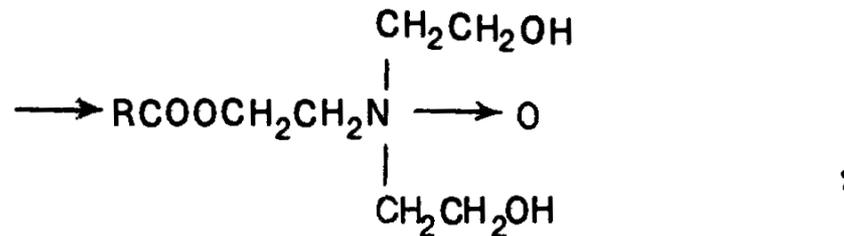
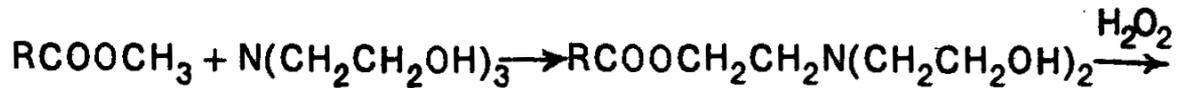
## Закономерности последовательного оксиэтилирования



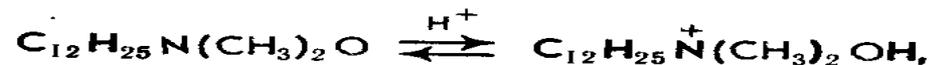
### Получение нейногенных ПАВ:



*Получение ПАВ из третичных аминов (для средств личной гигиены) обладающих способностью стабилизировать пену, регулировать вязкость и активировать моющее действие*



*В нейтральных и щелочных средах оксиды аминов не проявляют катионных свойств, но в кислых (при малых рН) протонируются*



$$K_A = [H^+][DDAO]/[DDAOH^+] \approx 10^{-4.9}.$$

## Этоксилаты $R-O-(CH_2CH_2O)_nH$

**Этоксилаты** получают взаимодействием спиртов и оксирана.

### Условия реакции:

Реакция протекает в присутствии щёлочи при температуре до  $160^\circ\text{C}$  и давлении до  $0,55\text{МПа}$ .

**Сырьё:** обычно используют  $C_9—C_{15}$  спирты в сочетании с 6—7 молями окиси этилена.



Промышленные **синтано́лы** получают **действием этиленоксида на алифатические спирты при  $140—160^\circ\text{C}$  в присутствии 5%-ного раствора щёлочи**, алкоголятов щелочных металлов, бора трифторида или олова четыреххлористого при интенсивном перемешивании реакционной смеси.

Индивидуальные **синтано́лы** получают взаимодействием алкоголятов щелочных металлов с галогенопроизводными полиэтиленгликолей.

*Пропоксилаты* -  $R-O-(CH_2CH(CH_3)O)_nH$

Условия процесса аналогичны предыдущему

**Сырье:** высшие жирные спирты, окись пропилена

*Бутоксилаты*  $R-O-(CH_2CH(C_2H_5)O)_nH$

Условия процесса аналогичны предыдущему

**Сырье:** высшие жирные спирты, окись бутилена

# Алкилгликозиды - $R-(O-C_6H_{10}O_5)_nH$

**Алкилгликозиды** получают взаимодействием спиртов и глюкозы.

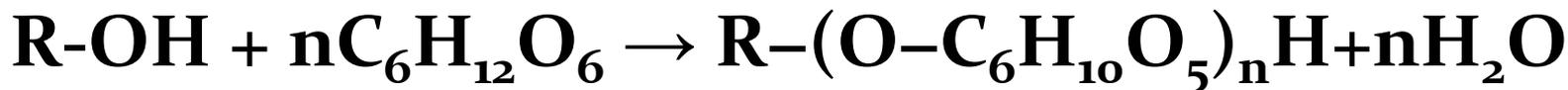
Реакция взаимодействия высших спиртов  $R-OH$  и глюкозы протекает в присутствии сульфокислот при температуре до  $140^\circ C$ .

Другой вариант синтеза— предварительное получение бутиловых эфиров с последующей переэтерификацией.

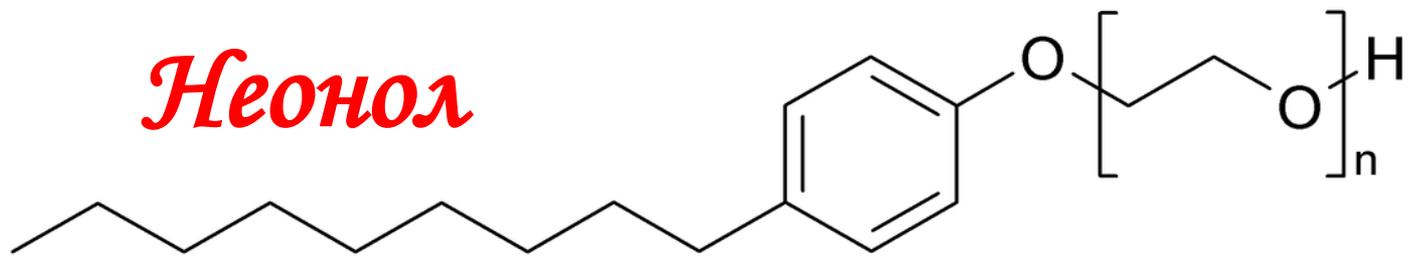
Число гликозидных групп колеблется от 1 до 3.

**Сырье:** спирты и глюкоза

## Схема синтеза



# Неонол



Неонол - оксиэтилированный нонилфенол, **техническая смесь изомеров** оксиэтилированных алкилфенолов на основе тримеров пропилена следующего состава:

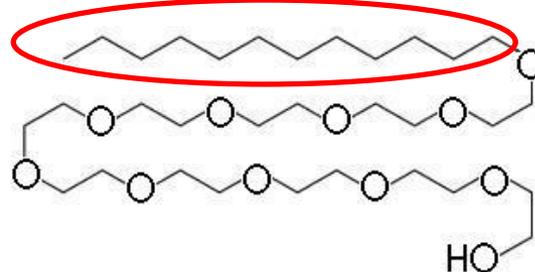


Оксиэтилированные моноалкилфенолы на основе тримеров пропилена являются высокоэффективными неионогенными поверхностно-активными веществами.

Применяются при заводнении нефтяных пластов для интенсификации нефтедобычи, при бурении скважин, в текстильной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, в составе смазочно-охлаждающих, гидравлических и других **технологических жидкостей**, в черной металлургии, в качестве активной основы для моющих средств технического назначения, сырья для синтеза некоторых типов активной основы текстильно-вспомогательных продуктов, компонент автошампуней и зимней стеклоомывающей жидкости.

Критическая концентрация мицеллообразования Неонола АФ 9-12 с числом оксиэтильных групп 12, ККМ =  $1,24 \cdot 10^{-4}$  моль/л (0,09 г/л).

# Синтанолы



**СИНТАНОЛЫ** — оксиэтилированные спирты, представляют собой смесь полиэтиленгликолевых эфиров с различным количеством оксиэтильных групп и величиной радикала R. Неионогенные поверхностно активные вещества.

Промышленные Синтанолаы выпускают под марками:

**ОС-20** — с общей формулой  $RO(CH_2CH_2O)_nH$ , где  $R=C_{18}$  (марка А),  $C_{14}-C_{18}$  (марка Б),  $n=20$ ; бесцветная или жёлтая воскообразная масса; содержание основного вещества 98 %; температура застывания 33-36°C, температура помутнения 88-92°C (1%-ный водный раствор); хорошо растворим в мягкой и жесткой воде, бензоле, этаноле, плохо в четырёххлористом углероде, диэтиловом эфире, уайтспирите; критическая концентрация мицеллообразования ККМ=0,2 г/л.

**Синтанол АЛМ** - с общей формулой  $C_nH_{(2n+1)}O(C_2H_4O)_m$  где  $n=10-13$  длина углеродной цепи,  $m=7-10$  степень этоксилирования. Марка обозначается по степени этоксилирования - АЛМ-7 =>  $m=7$ , АЛМ-10 =>  $m=10$

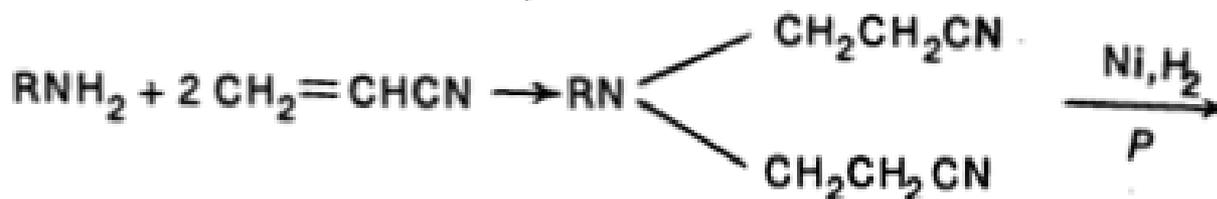
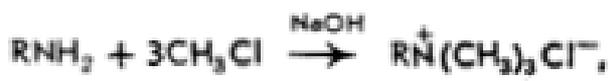
**Синтанол ДС** — с общей формулой  $RO(CH_2CH_2O)_nH$ , где  $R = C_{10}-C_{18}$ ,  $n=8-10$ . Марка обозначается по степени этоксилирования - Синтанол ДС-10 =>  $n=10$ ; бесцветная или светло-жёлтая паста; содержание основного вещества 98-99 %; температура помутнения 64-74°C (1%-ный водный раствор); хорошо растворим в воде; критическая концентрация мицеллообразования ККМ=0,09 г/л.

**Brij 35** — Американский аналог Синтанола, с общей формулой  $C_{20}H_{45}O_5$ , молекулярная масса 362,54 г/моль, CAS № 9002-92-0

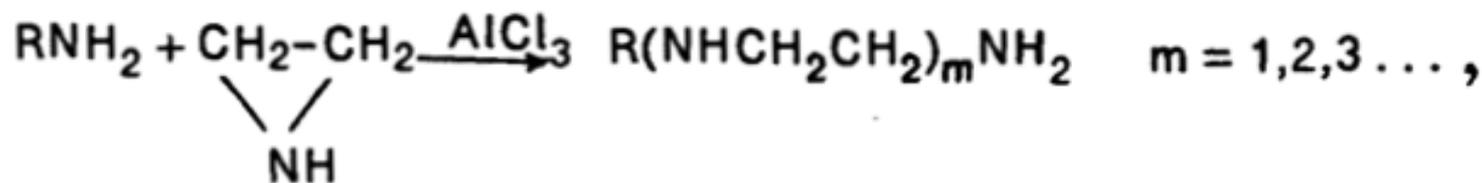
**Ukanil** — Французский аналог Синтанола, CAS № 9002-92-0

Катионные  
поверхностно-активные вещества  
(КПАВ)

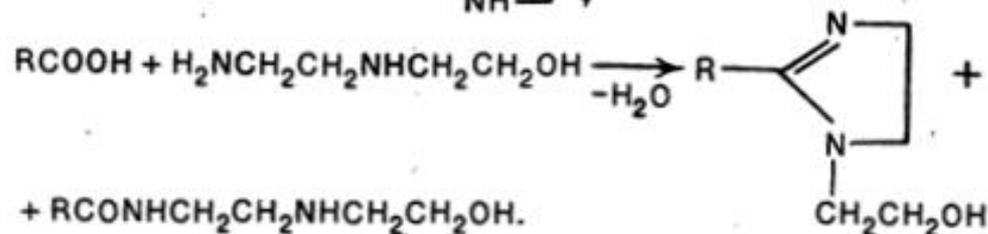
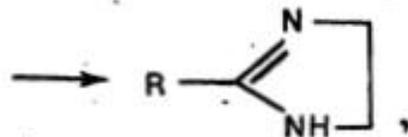
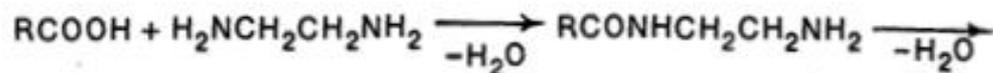
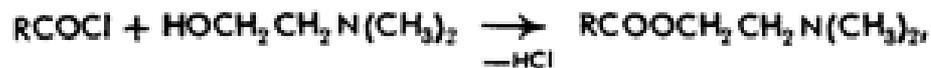
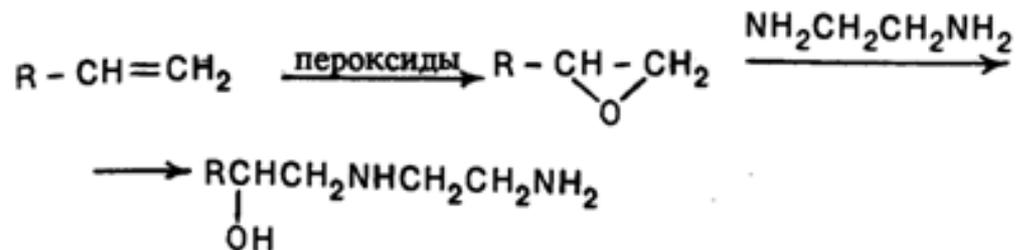
## Подготовка аминов для получения КПАВ



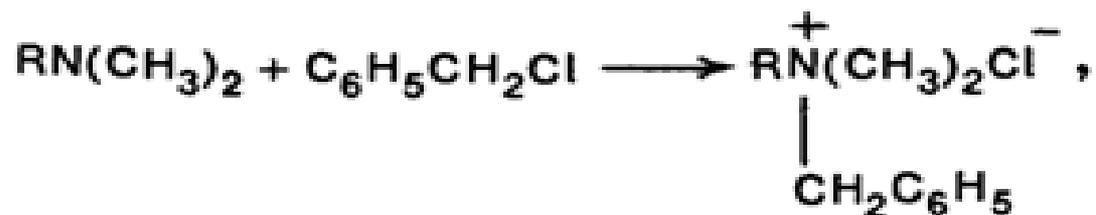
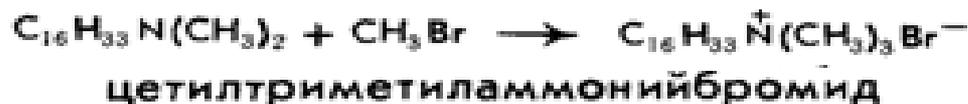
Полиамины получают взаимодействием этиленмина с первичными аминами в присутствии катализатора или из алкилгалогенидов, этилендиамина, диэтилен-триамина



## Подготовка аминов для получения КПАВ



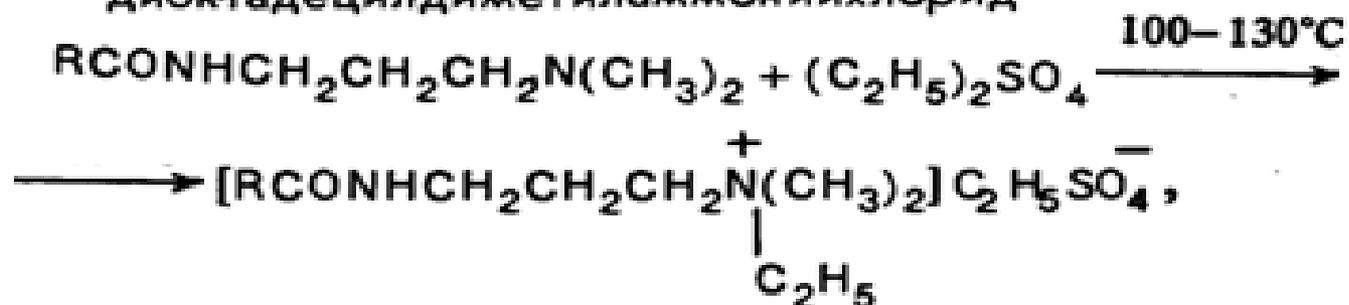
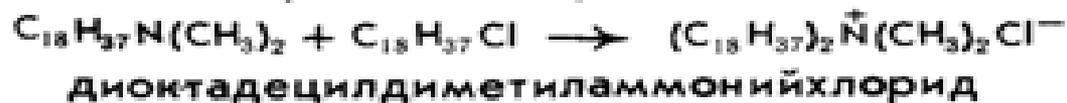
## Кватернизация аминов



алкилдиметилбензиламмонийхлорид

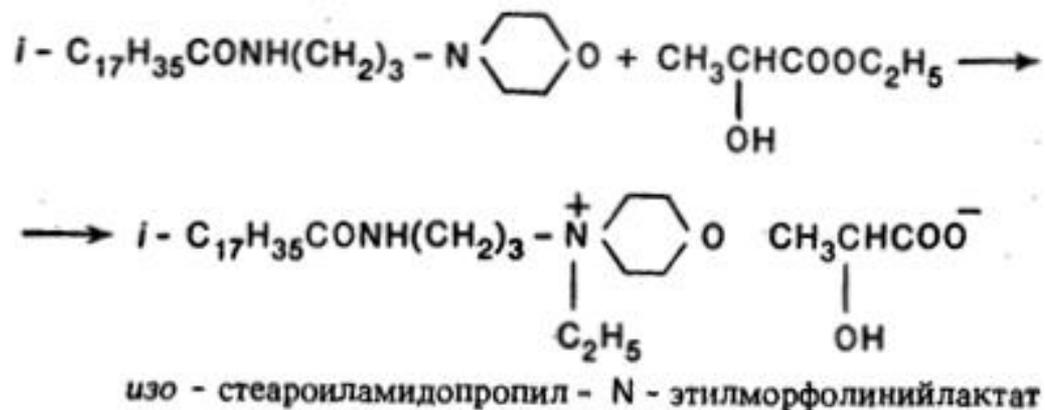


цетилпиридинийхлорид

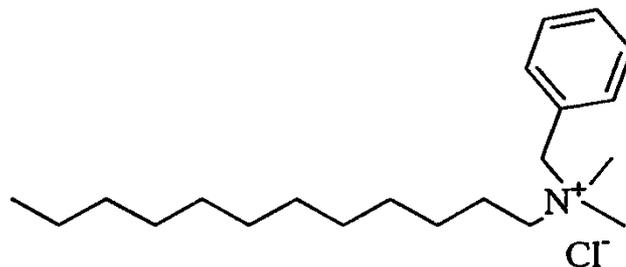


ациламидопропил - N - этилдиметилэтилсульфат

## Кватернизация аминов

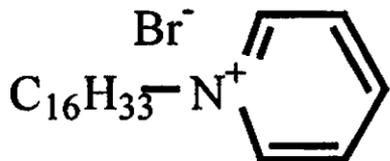


Кватернизация третичных аминов бензилхлоридом ведет к алкилдиметилбензиламмонийхлоридам («бензалконийхлоридам») (III):

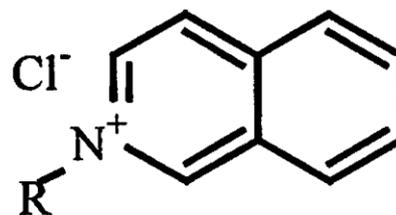


Benzyl dodecyldimethylammonium chloride

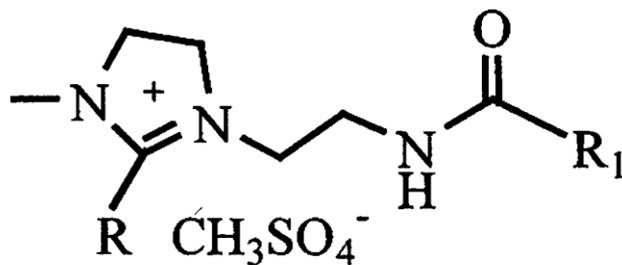
*Промышленные гетероциклические КПАВ являющиеся алкилпиридинийгалогенидами (I) и солями замещенного имидазолия (II)*



N-cetylpyridinium bromide

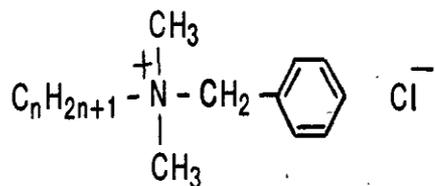


N-alkylisoquinolinium chloride

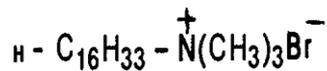


1-methyl-2-alkyl-3-(2-acylaminoethyl)imidazolynium methosulphate  
were R and R<sub>1</sub> are hydrated tallow, soya or oleic residues

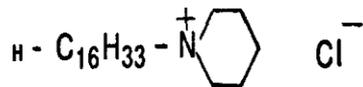
# ҚТДВ - бактерициды



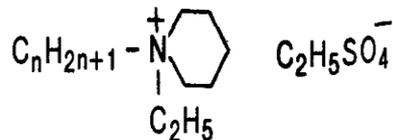
Алкилдиметилбензиламмонийхлорид;



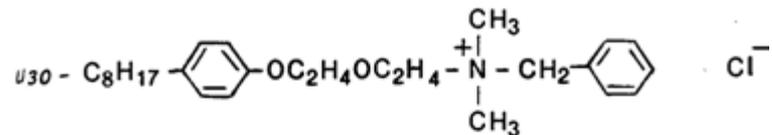
Цетилтриметиламмонийбромид;



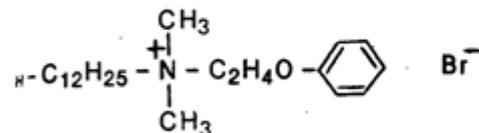
N-Цетилпиперидинийхлорид;



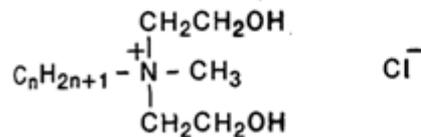
N-Алкил-N-этилпиперидиний-этилсульфат;



i30 -Октилфеноксиэтоксид-2-этилдиметилбензиламмонийхлорид  
("бензэтонийхлорид");



Додецилдиметил-2-феноксиэтиламмонийбромид  
("домифенбромид");



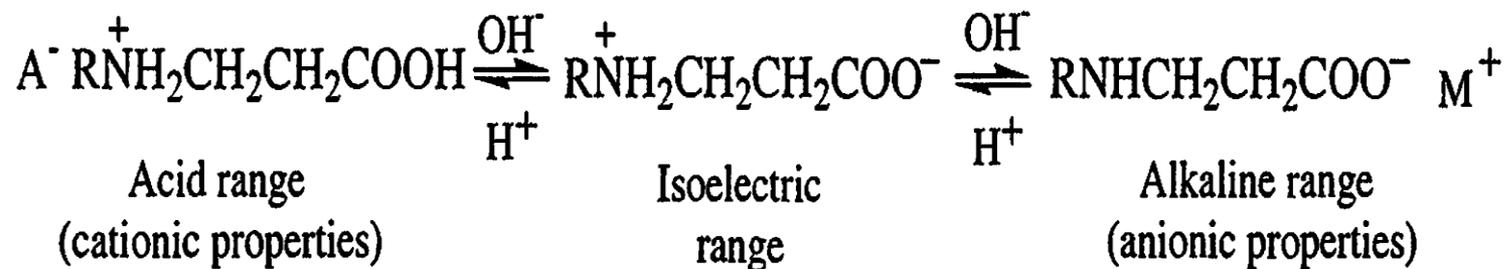
Алкилди-(2-гидроксиэтил)-метиламмонийхлорид.



АМФОТЕРНЫЕ И  
ЦВИПТЕР-МОЖНЫЕ ПЛАН

# АМФОТЕРНЫЕ И ЦВИПТЕР-ИОННЫЕ ПАВ

К амфотерным ПАВ относят амфифилы, функциональная группа которых способна нести и отрицательный, и положительный заряд. Сам термин «амфотерные ПАВ» относится к соединениям, поведение которых зависит от pH среды. Это поведение может быть схематически представлено в виде следующих равновесий:

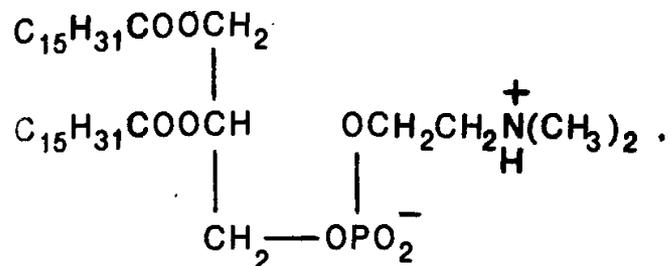


В этих равновесных структурах под A<sup>-</sup> и M<sup>+</sup> подразумеваются анионы (например Cl<sup>-</sup>) и катионы (например Na<sup>+</sup>).

Большинство амфотерных ПАВ можно подразделить на три вида: N-алкиламинокислоты, N-ациламинокислоты и бетаины.

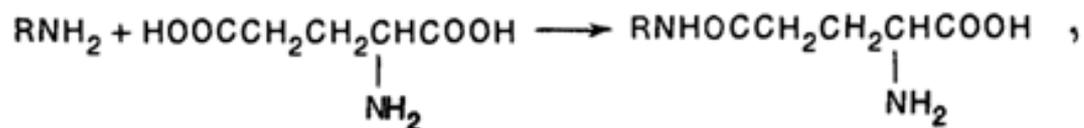
# АМФОЛИТЫ

## Природные амфолиты - лецитины

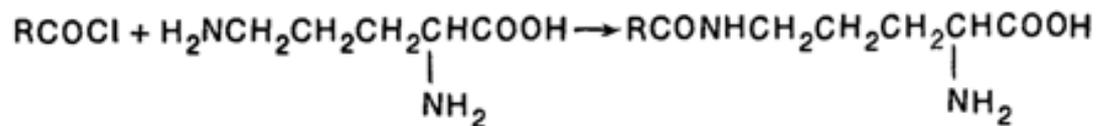


$\alpha$  - дипальмитоилфосфатидилхолин

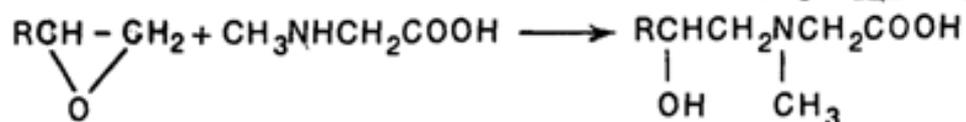
## Синтез амфолитов



N - алкилглутамин



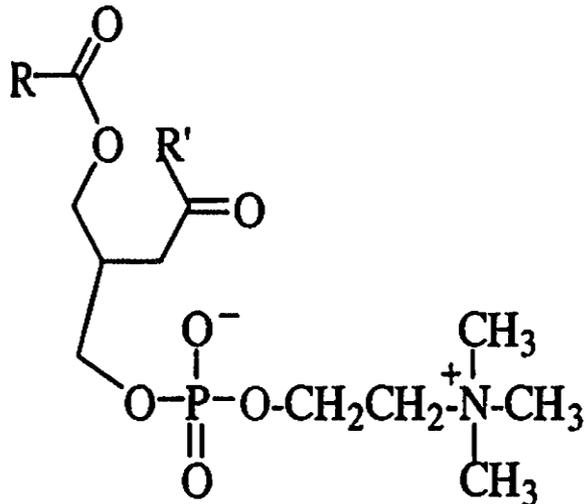
N-ε - ациллизин



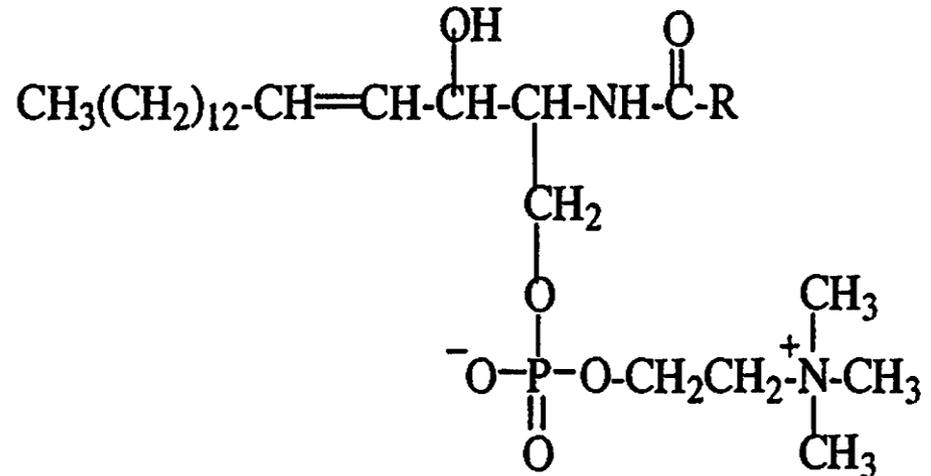
N-(β - гидроксилалкил)саркозин

## Фосфолипиды и родственные им продукты

Ряд природных соединений, в частности фосфолипиды, также являются цвиттер-ионными ПАВ. Их сложные смеси известны как лецитины. В качестве компонентов лецитины содержат большой набор амфифилов, которые можно проиллюстрировать  $\alpha$ -фосфатидилхолином (А) и сфингомиелином (В):

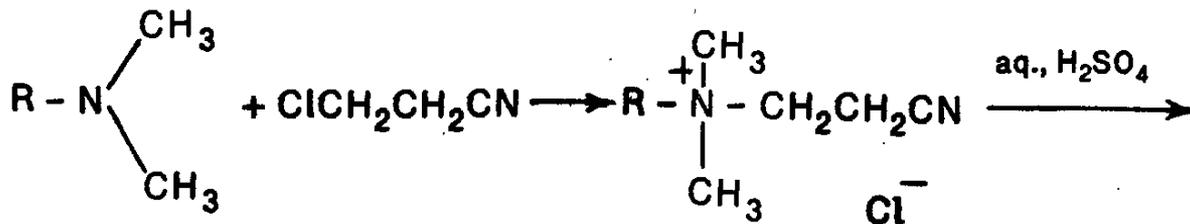
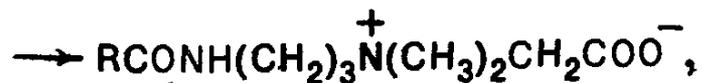
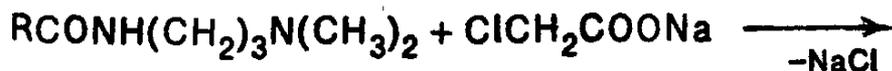
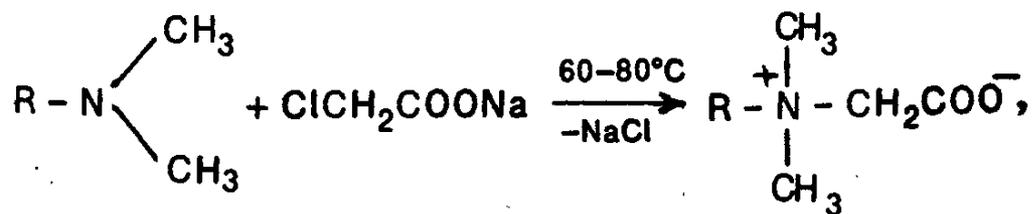


**A**



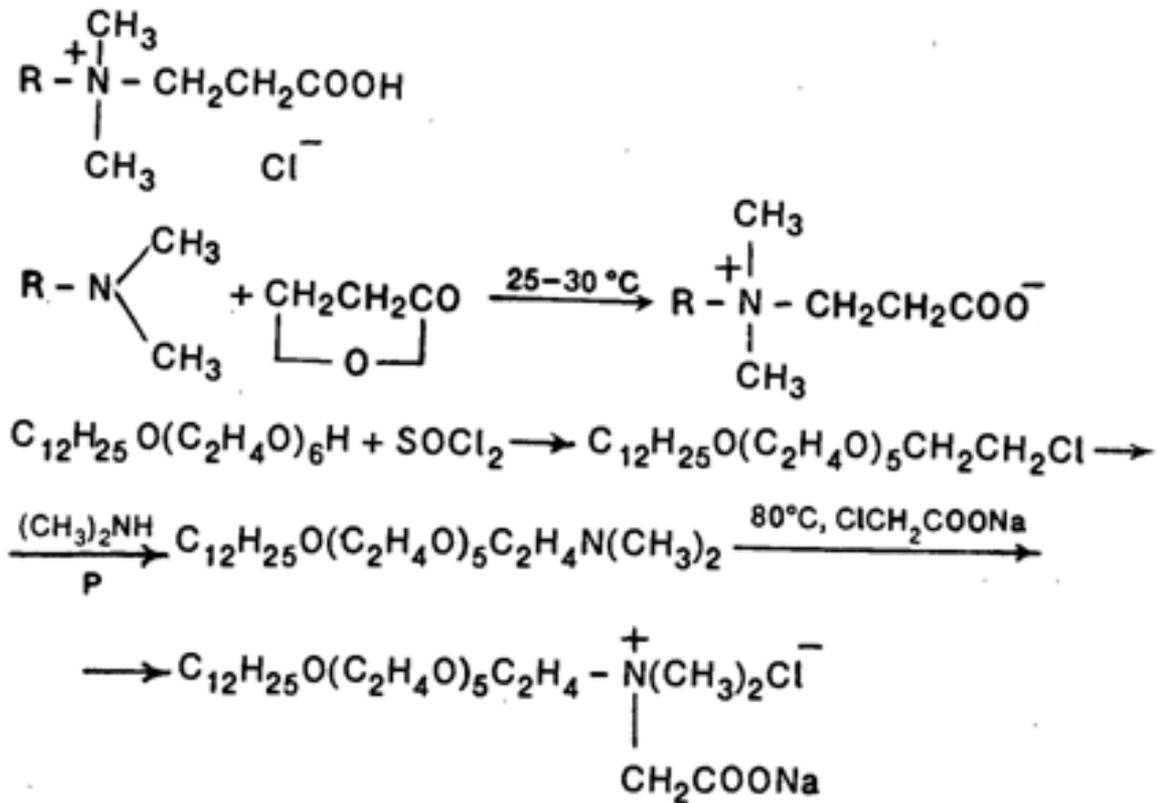
**B**

## Синтез ПАВ бетаинового типа



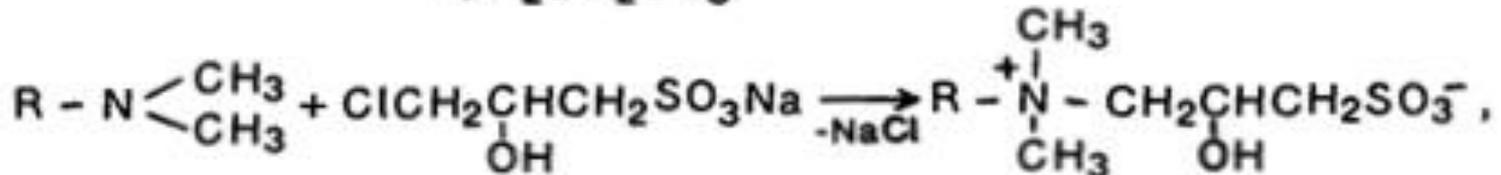
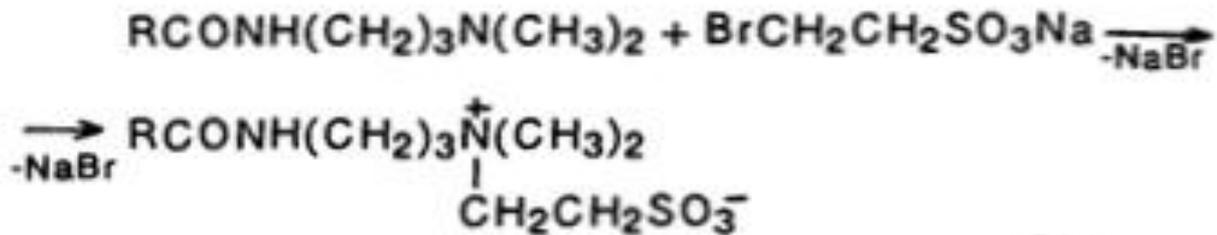
# Синтез ПАВ бетаинового типа

Продолжение превращения:

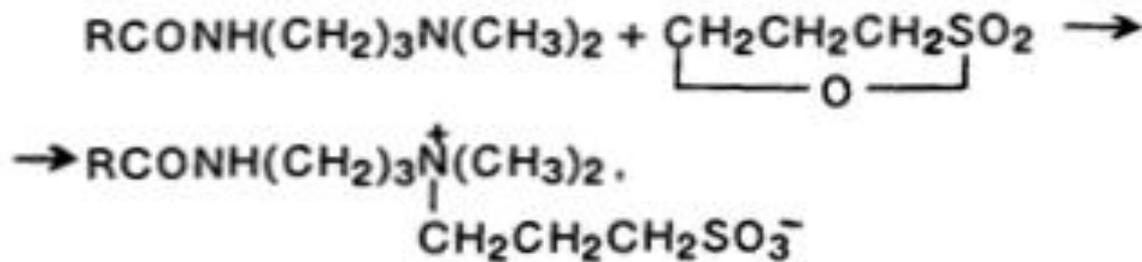


# Цвиттер-ионные ПАВ

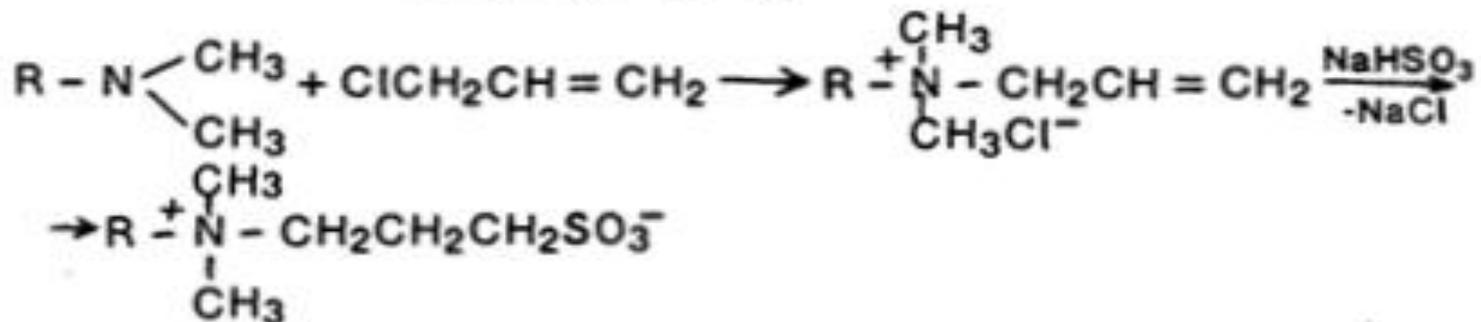
1.



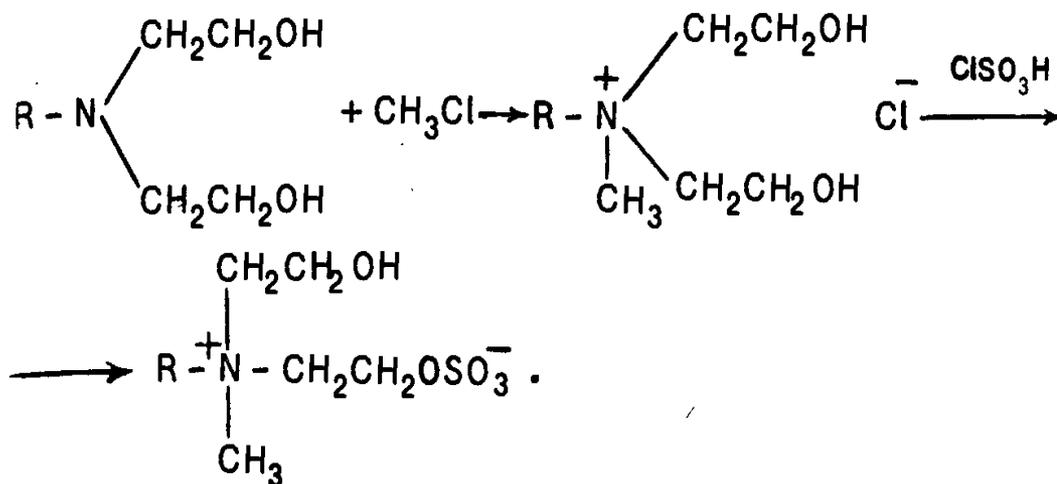
2.



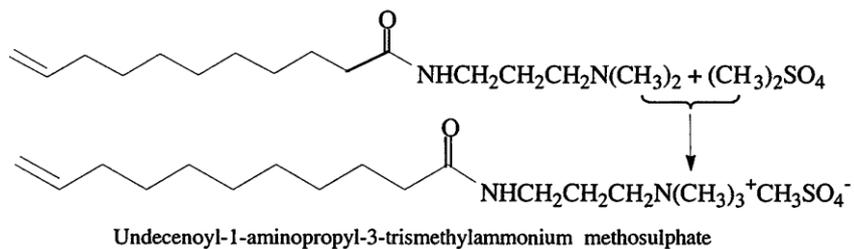
3.



# Сульфобеталин



*КПАВ ряда четвертичных аммониевых соединений, полученные из амидоаминов:*

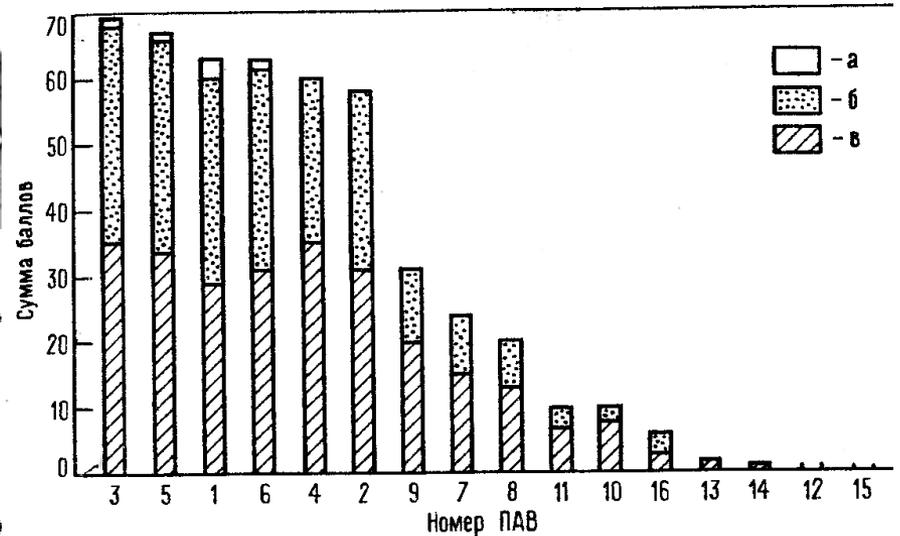


## Действие ПАВ на кожу

Критерий оценки	Симптомы
Эритема (покраснение)	Негативная реакция Очень легкая точечная или диффузная эритема Различимая, четко ограниченная эритема Средняя эритема Сильная огненно-красная эритема с отеком или эпидермальным дефектом (пузырьки, некрозы)
Шелушение	Негативная реакция Сухость, гляцевитость кожи Слабое шелушение Умеренное шелушение Сильное шелушение
Трещины	Негативная реакция Поверхностное отслоение эпидермиса Отдельные или множество трещин Глубокие кровоточащие трещины с экссудатами

# Дерматология ПАВ

1. Лаурилсульфат натрия
2. Лаурилсульфат моноэтаноламина
3. Лаурилсульфат аммония
4. Лаурилсульфат триэтаноламина
5. Алкилсульфаты натрия фракции C<sub>12</sub>—C<sub>18</sub>
6. втор-Алкансульфонат натрия
7. Алкилбензолсульфонат
8. Лаурилдиэтоксисульфат натрия
9. Лаурилдиэтоксисульфат аммония
10. Лаурилдиэтоксисульфат ТЭА
11. Лаурилдиэтоксисульфат магния
12. Алкилгексаэтоксисульфат \*
13. Лаурил-, миристилтриэтоксисульфат натрия
14. Алкиламидоэтилэтоксисульфат
15. Полуэфир сульфоянтарной кислоты
16. Конденсат алифатических кислот с яичным белком

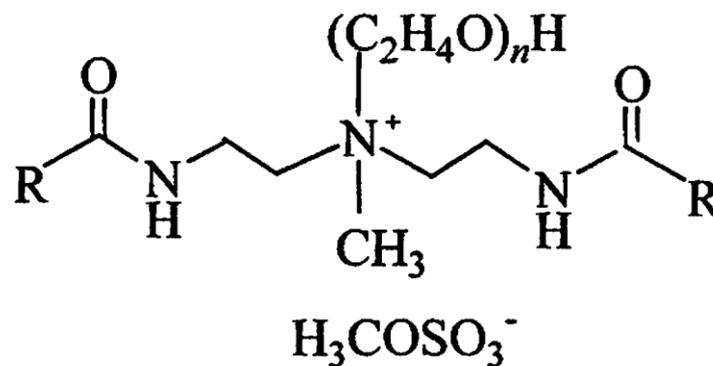


Сумма баллов (а — трещины, б — эритема, в — шелушение) для ПАВ разных типов, определенная камерным методом на 20 добровольцах

1-5 Алкилсульфаты, 6-7 Сульфонаты, 8-14 Алкилэтоксисульфаты, 15-16 «Мягкие» ПАВ

# Современные биоразлагаемые ПАВ

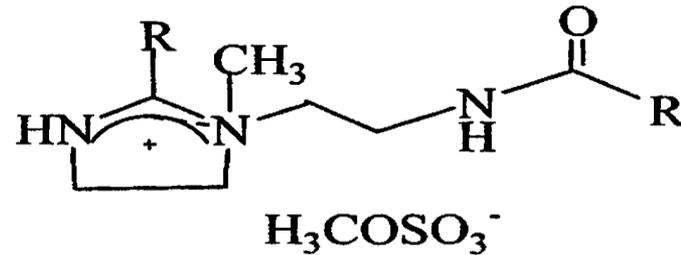
## Diamidoamine Quat



*Methyl bis (alkylamido ethyl)-2-hydroxyethyl ammonium  
methosuphate*

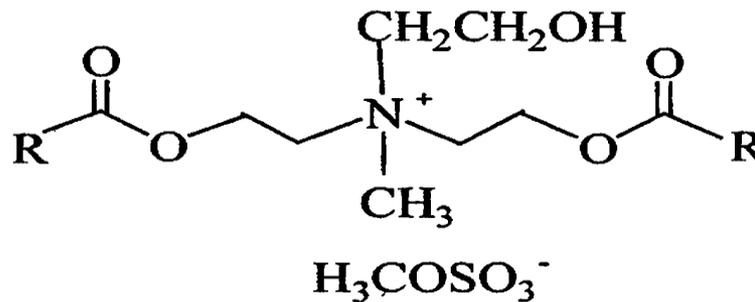
# Современные биоразлагаемые ПАВ (продолжение)

## Imidazoline Quat



*Methyl-1-alkylamidoethyl-2-alkyl imidazolinium  
methosulphate*

## Diester Quat



*Methyl bis (alkanoyl ethyl)-2-hydroxyethyl ammonium  
methosulphate*

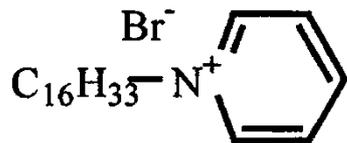
# Примеры современных многофункциональных ПАВ, являющихся производными жирных кислот

Тип ПАВ	Химическая структура	Примеры продуктов
Анионные	$\text{RCONH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3\text{OSO}_3\text{TEA}$ (1/2 Mg) R — кислот кокосового масла	Genapol AMS (Clariant) Hydriosul AMG.30 (Hydrior)
	$\text{RCON}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COONa}$ (TEA) R — кислот кокосового, рапсового масел, лауриновой, олеиновой и других кислот	Crodasinic LS, Incromide CAC (Croda) Hamposyl Ser. (Dow)
Катионные	$\begin{array}{c} \text{RCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \quad \quad \quad \backslash \quad / \\ \quad \quad \quad \text{N}^+ \quad \quad \text{CH}_3\text{OSO}_3^- \\ \quad \quad \quad / \quad \backslash \end{array}$	Incroquat HO-80 PG (Croda) Tetranyl CO-40 (Kao)
	$\text{RCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ RCO — олеоил  $\text{RCONHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$ R — жирных кислот кукурузн. масла	Incroquat WG-85 (Croda)

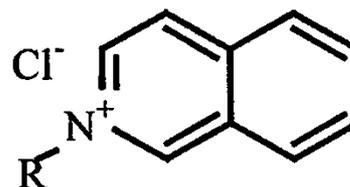
# Примеры современных многофункциональных ПАВ, являющихся производными жирных кислот

<p>Полюионогенные</p>	<p><math>RCONH(CH_2CH_2O)_mH</math>  R — кислот кокосового или рапсового масла</p> <p><math>C_{17}H_{35}COOCH_2CH_2OH</math>  Этиленгликольмоностеарат</p> <p><math>RCONHCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2O</math>  R — кислот кокосового масла</p>	<p>Rewopal C6  (Degussa)  Aminol N (Kao)</p> <p>Cerasynt IP/M/MN  (ISP)  Kessco EGMS (Akzo)</p> <p>Aminoxid WS 35 (Degussa/ Goldschmidt)  Empigen OS  (Huntsman)</p>
<p>Амфотерные и цвиттер-ионные</p>	<p><math>RCONHCH_2CH_2CH_2N(CH_2COONa)_2</math>  R — кислот кокосового масла</p> <p><math>RCONHCH_2CH_2CH_2N^+(CH_3)_2CH_2CH(OH)CH_2SO_3^-</math>  R — кислот кокосового масла</p>	<p>Ampholak XCO-30  (Akzo)  Miranol C2M (Rhodia)</p> <p>Crosultaine C-50  (Croda)  Mirataine CBS  (Rhodia)</p>

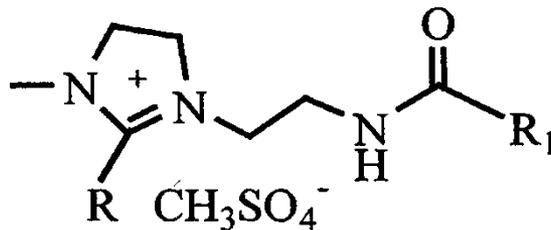
# Промышленные амфотерные ПАВ – производные имидазолинов



N-cetylpyridinium bromide



N-alkylisoquinolinium chloride



1-methyl-2-alkyl-3-(2-acylaminoethyl)imidazolynium methosulphate  
where R and R<sub>1</sub> are hydrated tallow, soya or oleic residues

## Промышленные амфотерные ПАВ

*R — остаток жирных кислот кокосового масла*

Преобладающая структура	Название по INCI/CTFA*)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa} \end{array}$	Sodium Cocompho- propionate
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{COONa} \end{array}$	Disodium Cocompho- carboxypropionate
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{COONa} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Sodium Cocompho- (mono)acetate (or Glycinate)
$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{COONa} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{COONa} \end{array} \right]^+ \text{ } ^-\text{OH}$	Disodium Cocompho- carboxyglycinate (diacetate)
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Sodium Cocompho- hydroxypropyl Sulphonate
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$	Cocomphocarboxy- propionic Acid

\*) Обозначение "INCI" (по Международной номенклатуре косметических ингредиентов) в США и Канаде имеет эквивалент "CTFA" (Cosmetics, Toiletries & Fragrance Association).

# ПАВ для пищевых целей - Эмульгаторы

**торы** (от лат. *emulgeo* — «дою, выдаиваю») — вещества, обеспечивающие создание эмульсий из несмешивающихся жидкостей.

**Действие эмульгаторов основано** на способности поверхностно-активных веществ (ПАВ) снижать энергию, необходимую для создания свободной поверхности раздела фаз.

**Концентрируясь на поверхности раздела смешивающихся фаз, ПАВ снижают межфазное поверхностное натяжение** и обеспечивают длительную стабильность композиции.

**В пищевой промышленности** наиболее распространёнными являются:

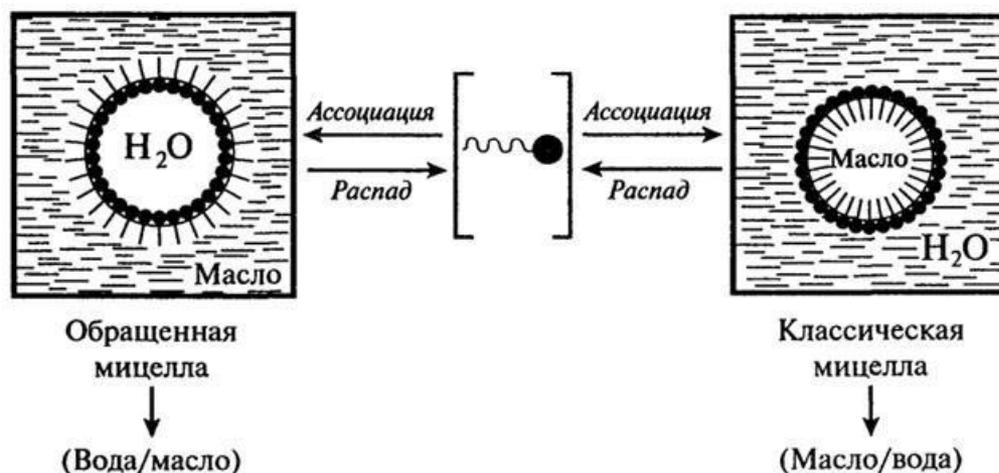
- моно- и диглицериды жирных кислот (Е471),
- эфиры глицерина, жирных и органических кислот (Е472),
- лецитины, фосфатиды (Е322), аммонийные соли фосфатидиловой кислоты (Е442),
- полисорбаты и производные (Е432...Е436), эфиры сорбитана, спэны (Е491...Е496),
- эфиры полиглицерина и взамозэтерифицированных рициноловых кислот (Е473).

**В косметике для стабилизации применяют эмульгаторы:**

- поверхностно-активные вещества (катионные, анионные, амфотерные, неионогенные),
- гидроколлоиды растительного и животного происхождения (агар, пектин, желатин, хитозан, ланолин, холестерин, лецитин),
- синтетические и полусинтетические полимеры (карбопол, метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза и др.).

## Схема образования мицелл

В зависимости от особенностей строения молекулы эмульгатора (строения гидрофильной полярной группы и липофильной неполярной части молекулы ПАВ), могут образовываться как классические мицеллы в воде, так и обращенные мицеллы в неполярных растворителях (маслах и жирах):



Склонность к формированию ассоциатов мицеллярного типа зависит от химического строения молекул ПАВ и, прежде всего, от соотношения размеров полярной и неполярной частей молекулы, которое выражается в **показателе гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ)**. **Чем выше гидрофильность, тем больше величина ГЛБ**; при этом, в общем случае, тем ярче проявляется способность молекул ПАВ к образованию классических мицелл и стабилизации **прямых эмульсий (масло/вода)** и наоборот, **чем ниже гидрофильность и, следовательно, меньше значение ГЛБ**, тем выше способность к ассоциации в виде обращенных мицелл и стабилизации **обратных эмульсий (вода/масло)**.

## Классификация ПАВ (эмульгаторов)

Классификационный признак подклассы	Основные
<u>Заряд поверхностно-активной части</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- отрицательный</li><li>- положительный</li><li>- нейтральный</li><li>- положительный или отрицательный (в зависимости от рН) и отрицательный, и отрицательный (оба)</li></ul>	Анионные Катионные Неионогенные  Амфотерные Цвиттер-ионные
<u>Гидрофильно-липофильный баланс</u> 4-6	Эмульгаторы вода/масло
7-9	Смачивающие агенты
8-18	Эмульгаторы масло/вода

## Классификация эмульгаторов (продолжение)

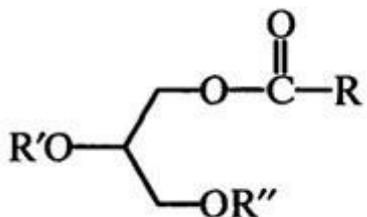
Классификационный признак	Основные подклассы
<b>Растворимость</b> -в воде  - в масле	Водорастворимые (гидрофильные, липофобные)  Маслорастворимые (липофильные, гидрофобные)
<b>Функциональные группы</b>  — COOH — OH — COOR  и т.д.	Кислоты Спирты Эфиры

## *Некоторые характеристики пищевых эмульгаторов*

Эмульгаторы	Код	ГЛБ	Растворимость		Мицелло-образование
			в масле	в воде	
Лецитин	E322	3-4	Р	Д	Обратные мицеллы
Модифицированный лецитин		7-12	Р	Д	Мицеллы
Моно- и диглицериды	E471	3-4	Р	Д	Обратные мицеллы
Ацетилированные моноглицериды	E472a	2-3	Р	Н	Тоже
Лактилированные эфиры моно- и диглицеридов	E472b	3-4	Р	Н	— " —
Эфиры диацетилвинной кислоты с моно- и диглицеридами	E472e	8-10	Р	Д	Мицеллы
Эфиры сахарозы	E473	3-16	Д	Д	Мицеллы, обратные мицеллы
Стеариллактат натрия	E481	10-12	Р	Д	Мицеллы
Стеариллактат кальция	E482	5-6	Р	Д	Обратные мицеллы
Сорбитан моностеарат	E491	3-6	Р	Д	Тоже
Полисорбат 60	E435	14-15	Р	Р	Мицеллы
Полисорбат 65	E436	10-11	Р	д	Тоже
Полисорбат 80	E433	14-15	Р	Р	— " —

Примечания: Р — растворимо, Д — диспергируемо, Н — нерастворимо.

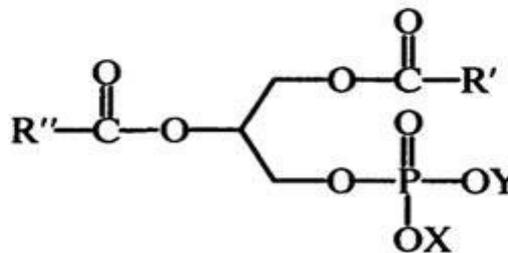
# Моно-, диацилглицерины и их производные (E471, E472a—g).



моноацилглицерины (глицериды) и их производные:  
 $R', R'' = H;$

диацилглицерины (диглицериды) и их производные:

$R' = C(=O)-R''', R'' = H;$  или  $R' = H; R'' = C(=O)-R'''$



$X = H;$

$Y:$

$H$

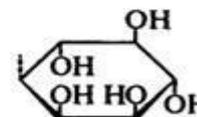
$CH_2CH_2N^+(CH_3)_3$   
 $CH_2CH_2N^+H_3$   
 $CH_2CH(NH_2)COOH$

*Пищевые добавки  
 фосфолипидной  
 природы :*

**E 322 — лецитины :**

фосфатидные кислоты  
 фосфатидилхолины  
 фосфатидилэтаноламины (кефалины)  
 фосфатидилсерины

фосфатидилинозиты



**E 442 — аммониевые фосфатиды :**

аммониевая соль фосфатидной кислоты  
 аммониевая соль бисфосфатидной кислоты

аммониевая соль семилизобисфосфатидной  
 кислоты

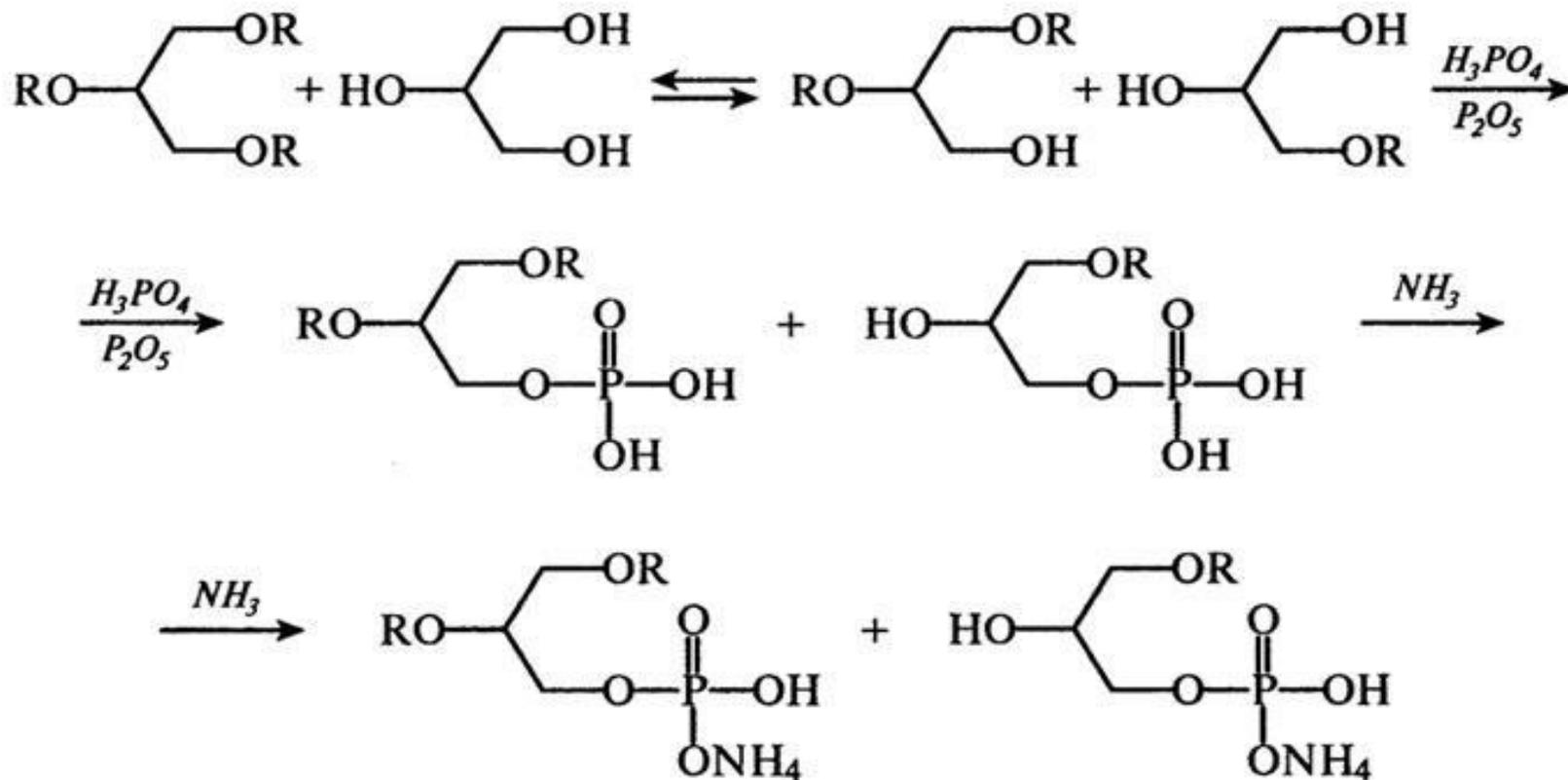
$X = N^+H_4;$

$Y:$

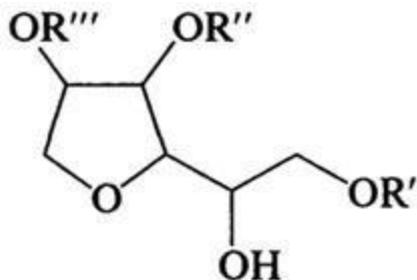
$H$

остаток  
 диацилглицерина  
 остаток  
 моноацилглицерина

## Химическая модификация фосфолипидов. 2

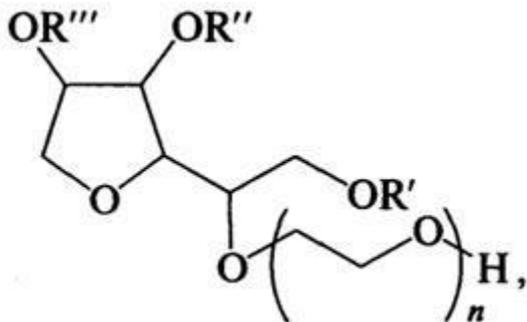


**Эфиры сорбитана (E491—E496)** — сложные эфиры шестиатомного спирта сорбита в ангидроформе (ангидросорбит) с природными высшими жирными кислотами — лауриновой, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой. Сложные эфиры ангидросорбита и жирных кислот имеют название **сорбитаны (спаны или спены)**:



где R', R'', R''' — атомы водорода или **ацилы высших жирных кислот**

**Эфиры полиоксиэтиленсорбитана (E432—E436)** представляют собой оксиэтилированные сорбитаны — эфиры ангидросорбита с жирными кислотами, в молекулах которых свободные OH-группы замещены группами O—[CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—O]<sub>n</sub>—H полностью или частично. В добавках для пищевых продуктов n равно 20. Общая формула полиоксиэтиленсорбитанов сорбитановой части молекулы (Коммерческие препараты имеют название **полисорбаты или твины**) имеет вид:



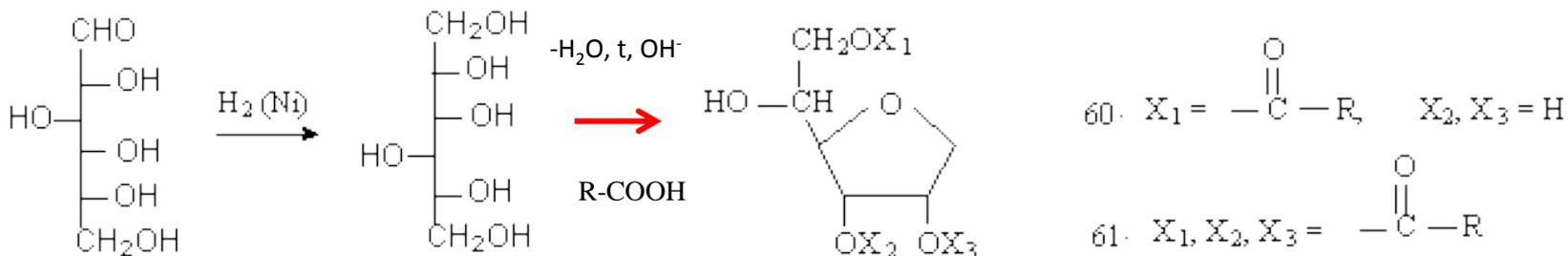
где R', R'', R''' — атомы водорода или **ацилы высших жирных кислот.**

# Эфиры сорбитана

Сорбит получают в основном каталитическим гидрированием глюкозы. Сложные эфиры ангидросорбита (эфиры сорбитана) являются неионными эмульгаторами в пищевой промышленности, фармацевтике, производстве косметических препаратов, в качестве замасливателей и смягчителей в текстильной промышленности и в других областях. Синтез эфиров осуществляют взаимодействием сорбита и соответствующей кислоты при 180–225 °С в присутствии щелочных катализаторов.

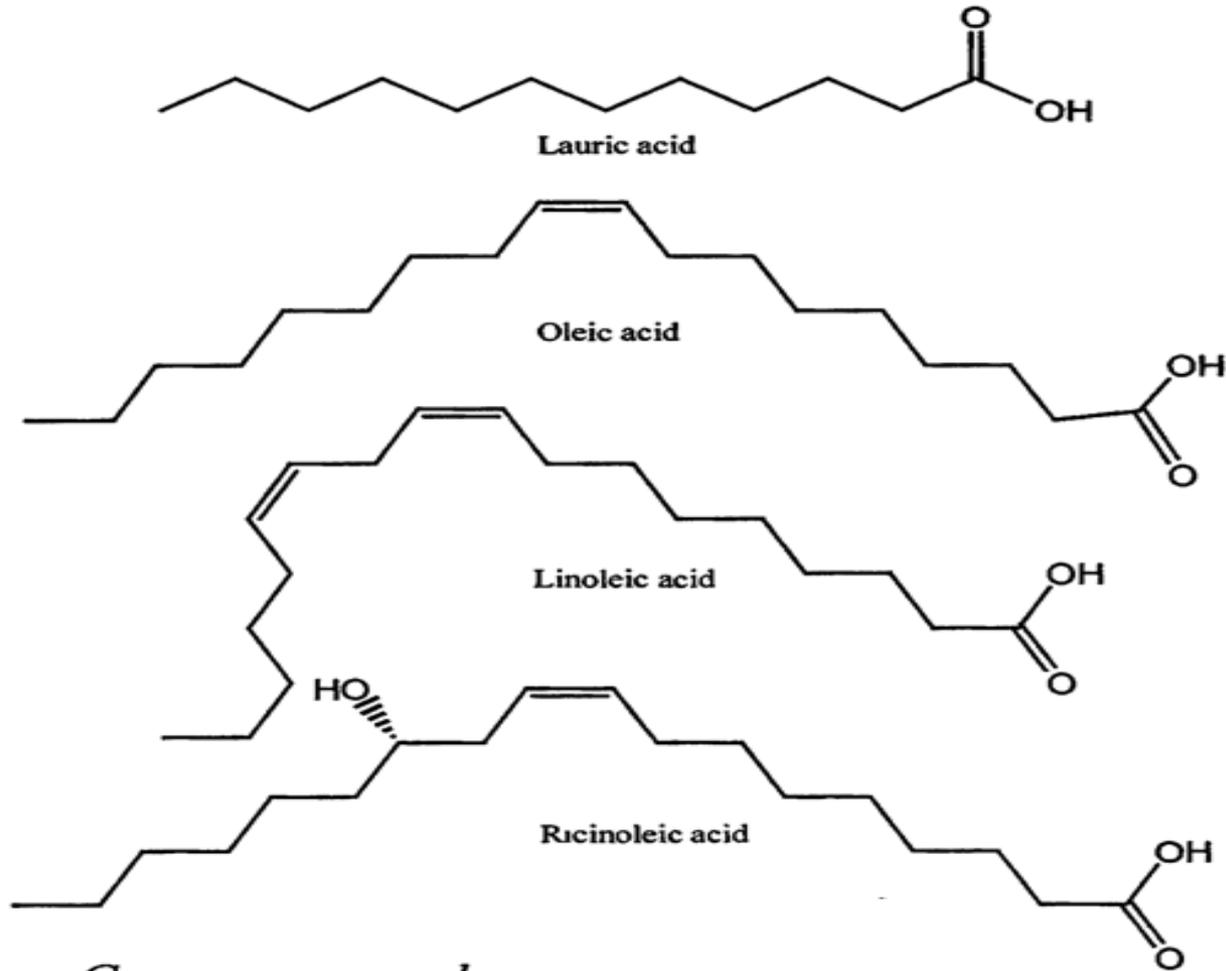
**Эфиры сорбитана и жирных кислот** при взаимодействии с оксидом этилена или пропилена в среде 1,4-диоксана образуют производные (**сорбитали**), которые являются эффективными эмульгаторами.

При этоксилировании гидрофильность эфиров сорбитанов, зависящая от числа ацильных групп, значительно повышается. Эфиры полиоксиэтиленсорбитана представляют собой оксиэтилированные эфиры сорбитана — эфиры моноангидросорбита с жирными кислотами, в молекулах которых часть свободных НО-групп замещена оксиэтилированными группами.



**Эфиры сорбитана:** 60 — моноэфиры, 61 — триэфиры;

$\text{R} = \text{C}_{17}\text{H}_{35}$  — стеараты,  $\text{R} = \text{C}_{11}\text{H}_{23}$  — лаураты,  $\text{R} = \text{C}_{15}\text{H}_{31}$  — пальмитаты,  $\text{R} = \text{C}_{17}\text{H}_{33}$  — олеаты



*Структурные формулы некоторых жирных кислот (сверху вниз): лауриновая кислота, олеиновая кислота, линолевая кислота, рицинолевая кислота*

## *ПАВ, разрешенные к применению при производстве пищевых продуктов*

Е-номер	ПАВ	Технологические функции	Значение ГЛБ [147]
Е 491	Сорбитанмоностеарат, СПЭН 60	Эмульгатор	4,7
Е 492	Сорбитантристеарат, СПЭН 65	Эмульгатор	2,1
Е 493	Сорбитанмонолаурат, СПЭН 20	Эмульгатор	8,6
Е 494	Сорбитанмоноолеат, СПЭН 80	Эмульгатор	4,3
Е 495	Сорбитанмонопальмитат, СПЭН 40	Эмульгатор	6,7
Е 496	Сорбитантриолеат, СПЭН 85	Стабилизатор, эмульгатор	1,8

*Неполные эфиры  
полиоксиэтилированного сорбитана и жирных кислот*

Е-номер	Торговое название	Химическое название	Значение ГЛБ
Е 432	Твин 20	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитанмонолаурат	16,7
Е 434	Твин 40	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитанмонопальмитат	15,6
Е 435	Твин 60	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитанмоностеарат	14,9
Е 436	Твин 65	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитантристеарат	10,5
Е 433	Твин 80	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитанмоноолеат	15,0
	Твин 85	Полиоксиэтилен-(20)-сорбитантриолеат	11,0

## Токсичность ПАВ

Поверхностно-активное вещество	ЛД <sub>50</sub> , г/кг
Лаурилсульфат натрия	2,7 (к)
Алкилсульфаты натрия, ТЭА, МЭА, аммония	1,0—9,0 (к)
втор-Алкилсульфаты натрия	1,3—4,0 (к)
Алкансульфонаты натрия	1,0—3,0 (к, м)
Алкилэтоксисульфаты натрия C <sub>10</sub> —C <sub>18</sub>	1,7—5,0 (к)
Алкиламидозилтриэтоксисульфаты ТЭА *	4,8 (к)
Додецилбензолсульфонат натрия	2,0 (к)
Линейные алкилбензолсульфонаты (алкил C <sub>10</sub> —C <sub>14</sub> )	0,65—2,48 (к)
α-Олефинсульфонаты натрия C <sub>12</sub> —C <sub>18</sub>	1,3—2,4 (к)
Натриевые мыла алифатических кислот	Более 10 (к, м)
Ди(2-этилгексил) сульфосукцинат натрия	1,5—4,8 (к)
Динатриевые соли моноэфиров сульфоянтарной кислоты	Более 5 (к, м)
N-Ацилсаркозинат натрия*	4,2 (м)
Ацилизетионат натрия	4,2 (м)
N-ацил-N-метилтауриды	3,0—6,6 (к, м)
Алкилгексаэтоксифосфаты ТЭА C <sub>10</sub> —C <sub>12</sub>	3,6 (к)
Алкилпентаэтоксикарбоксиметилаты C <sub>12</sub> —C <sub>14</sub>	3,5—4,0 (к)
Конденсат полипептидов и алифатических кислот	Более 5 (к, м)
Ундециленовая кислота	2,5 (к)
Перфтороктаноат аммония	0,54 (к)
Оксиэтилированные алкилфенолы	1,0—5,6 (к, м)
Оксиэтилированные первичные алифатические спирты C <sub>10</sub> —C <sub>18</sub>	3,0—5,0 (к, м)

# Токсичность ПАВ

Оксиэтилированные эфиры ангидросорбита и алифатических кислот («Твинны»)	5,8—25 (κ, м)
Полиэтиленгликолевые эфиры алифатических кислот	Более 10 (κ, м)
Моно- и диэтаноламиды алифатических кислот	4,0—7,8 (κ, м)
Алкилдиметиламинооксиды C <sub>10</sub> —C <sub>16</sub>	4,6±0,7 (κ)
Алкилкарбоксибетанны	2—3 (κ, м)
Алкиламидопропилкарбоксибетанны	4—7 (κ, м)
Алкиламидозтилдигидроксиэтилглицинаты *	Более 5 (κ, м)
Алкилдиметилбензиламмонийхлориды	0,2—1,17 (κ, м)
Цетилтриметиламмонийбромид	0,88±0,07 (κ)
Алкилтриметиламмонийхлорид *	0,25—0,30 (κ)
Диалкилдиметиламмонийхлорид *	1,1 (κ)
Диалкилдиметиламмонийхлорид **	7,0 (κ)
Дистеарилдиметиламмонийхлорид	15 (κ)
Цетилпиридинийхлорид	0,20 (κ)
Цетилэтилморфолнийэтилсульфат	1,8 (κ)
изо-Октилфеноксизтоксизтилдиметилбензиламмонийхлорид	0,42±0,03 (κ)
Алкиламидопропилдиметилэтиламмонийэтилсульфат ***	1,6 (κ)
Рициноламидопропилтриметиламмонийметилсульфат	Более 5 (κ)
Цетилтри (полиоксиэтилен) аммонийдигидрофосфат	3,85±1,55 (κ)
Оксиэтилированный (×15М) алкиламин **	0,5—0,6 (κ)
Оксиэтилированный (×60М) алкиламин **	Более 2,0 (κ)
Оксиэтилированный (×13М) N-алкилпропандиамин **	7,7 (κ)

\* Алкил-ация — алифатических кислот кокосового масла.

\*\* Алкил — гидрированных кислот таллового масла.

\*\*\* Алкил — кислот шерстного жира.