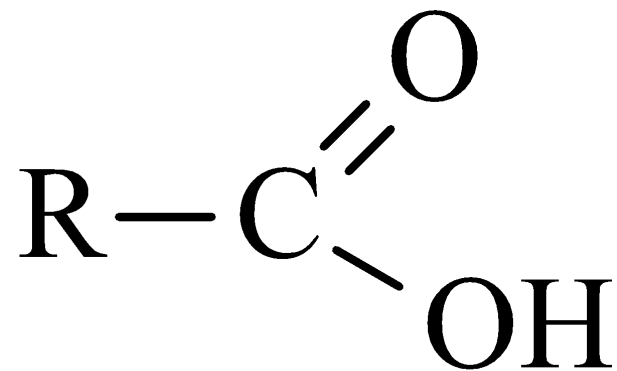


**КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ  
ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОИЗВОДНЫЕ :  
ГИДРОКСИ- И ОКСОКАРБОНОВЫЕ  
КИСЛОТЫ**

# Классификация

---

**Карбоновыми кислотами** называются соединения, содержащие карбоксильную группу —COOH.



# Классификация

---

---

1. По числу карбоксильных групп :

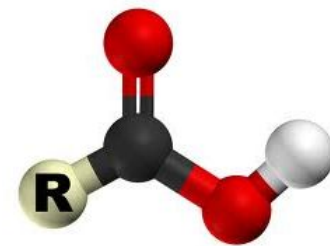
моно- , дикарбоновые кислоты и т.д.

2. В зависимости от строения радикала:

- алифатические предельные (ациклические, циклические )
- непредельные (содержат одну или несколько кратных связей)
- ароматические (карбо- и гетероароматические)

3. В связи с присутствием в радикале других функциональных групп:

- гидроксикарбоновые (содержат одну или несколько гидроксильных групп)
- оксокарбоновые (содержат карбонильную группу - альдегидную или кетонную)
- аминокислоты (содержат одну или несколько аминогрупп).




# МОНОКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ



Тривиальные и систематические названия некоторых монокарбоновых кислот

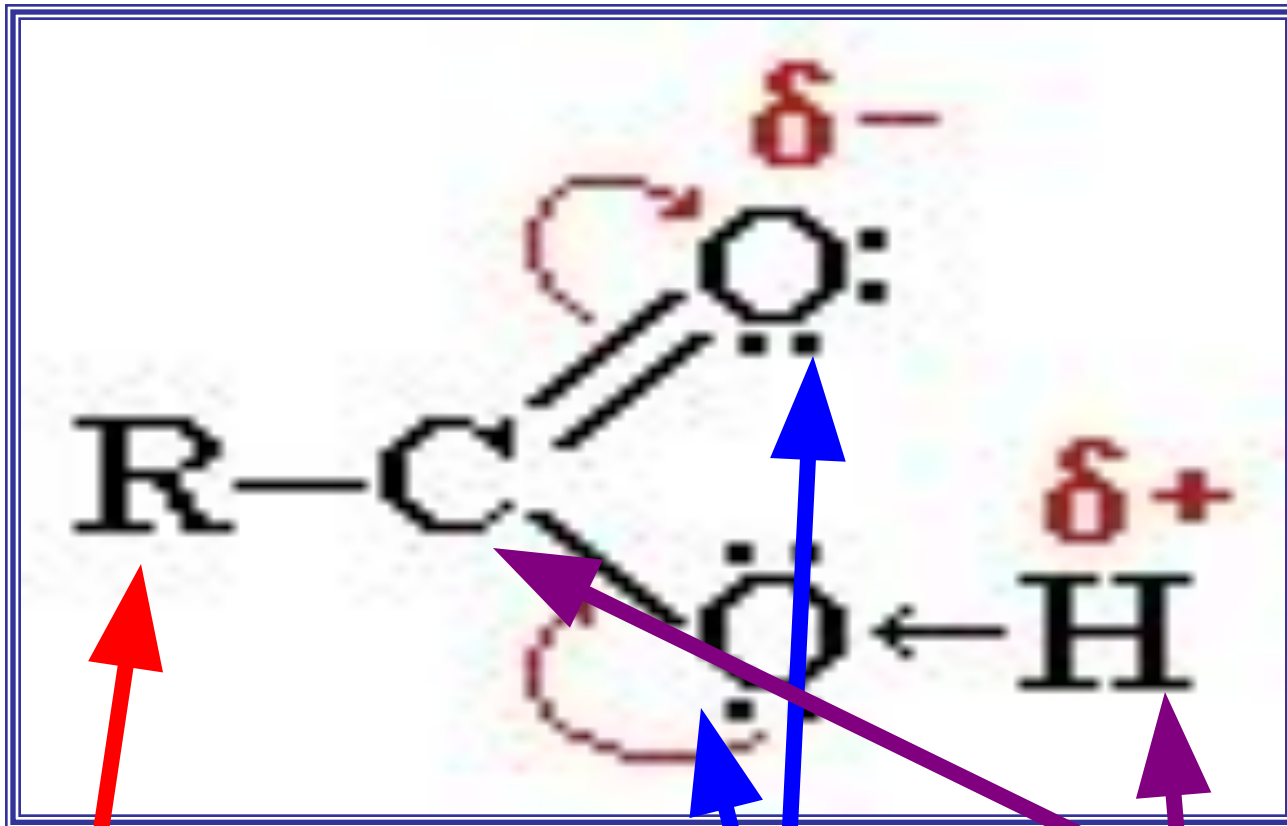
Формула кислоты	Тривиальное название	Систематическое название	Название аниона (в солях кислоты)	Формула ацильной группы	Название ацильной группы
$\text{HC}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Муравьиная кислота	Метановая кислота	Формиат	$\text{HC}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Формил
$\text{CH}_3\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Уксусная кислота	Этановая кислота	Ацетат	$\text{CH}_3\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Ацетил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Пропионовая кислота	Пропановая кислота	Пропионат	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Пропионил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$	<i>n</i> -Масляная кислота	Бутановая кислота	Бутират	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Бутирил
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{O} \end{matrix}$	Изомасляная кислота	2-Метилпропановая кислота	Изобутират	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{O} \end{matrix}$	Изобутирил
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Пальмитиновая кислота	Гексадекановая кислота	Пальмитат	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Пальмитил
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Стеариновая кислота	Октадекановая кислота	Стеарат	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \end{matrix}$	Стеарил
	Бензойная кислота	Бензоилкарбоновая кислота	Бензоат		Бензоил

**ПОВТОРИТЬ!**

The background is a repeating pattern of various chemistry-related symbols and structures in white on a purple background. These include chemical formulas like  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ , and  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , as well as structural diagrams of molecules, atoms, and laboratory glassware like flasks and test tubes.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

# Строение карбоксильной группы



Радикалы

Электрофильные  
центры

Нуклеофильные  
центры

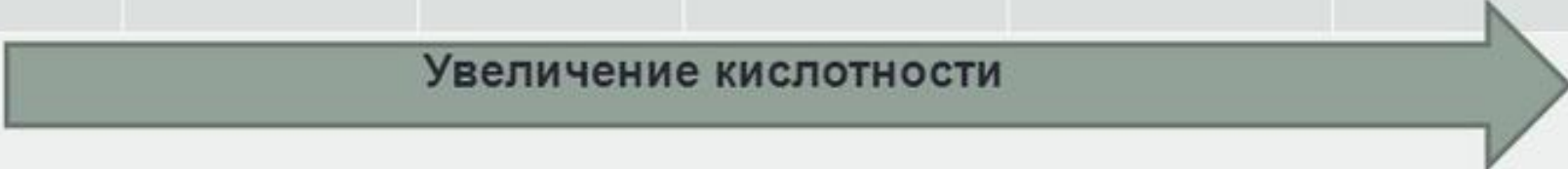
Сила КК зависит от природы R.

Электронодонорные (+I-эффект) ослабляют кислотные свойства (R – алкильные радикалы).

Электроноакцепторные (-I-эффект) – усиливают (Hal, OH и др.).

Формула кислоты	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{HCOOH}$	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	$\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$	$\text{Cl}_3\text{CCOOH}$
	Уксусная кислота	Муравьиная кислота	Хлоруксусная кислота	дихлоруксусная кислота	трихлоруксусная кислота
pKa	4,76	3,75	2,85	1,25	0,66

Увеличение кислотности

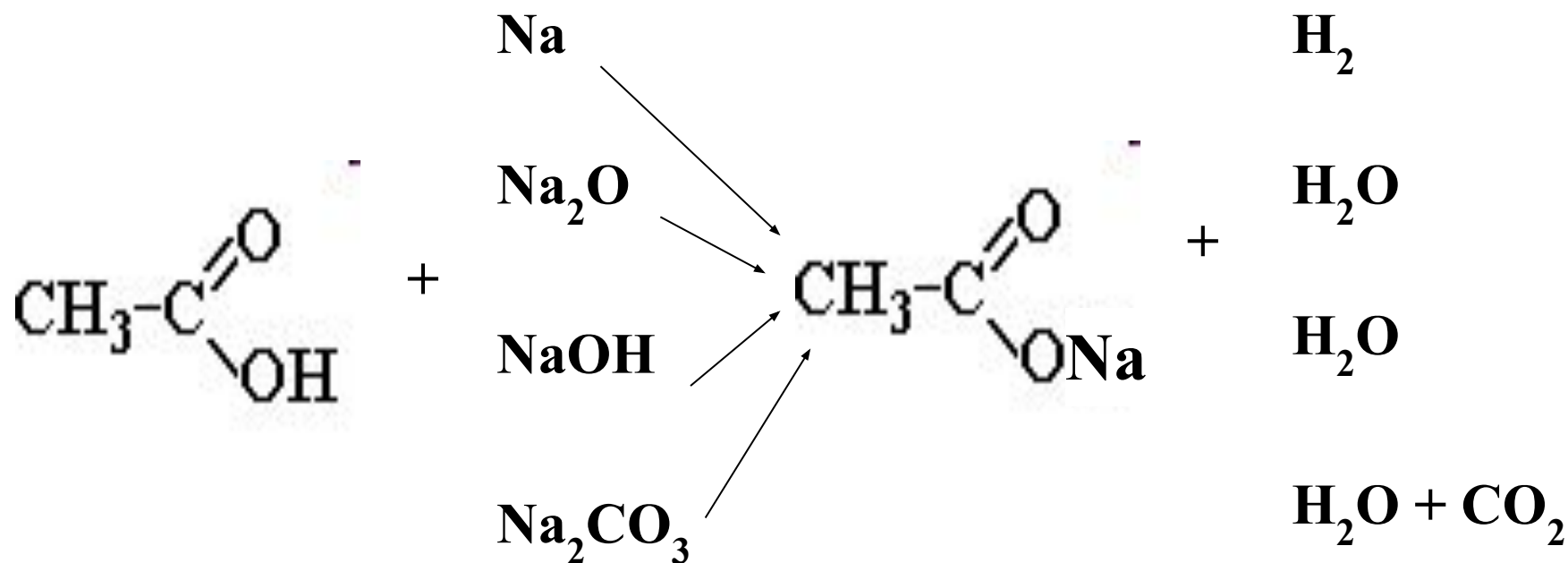


Чем ниже pKa, тем сильнее кислота.

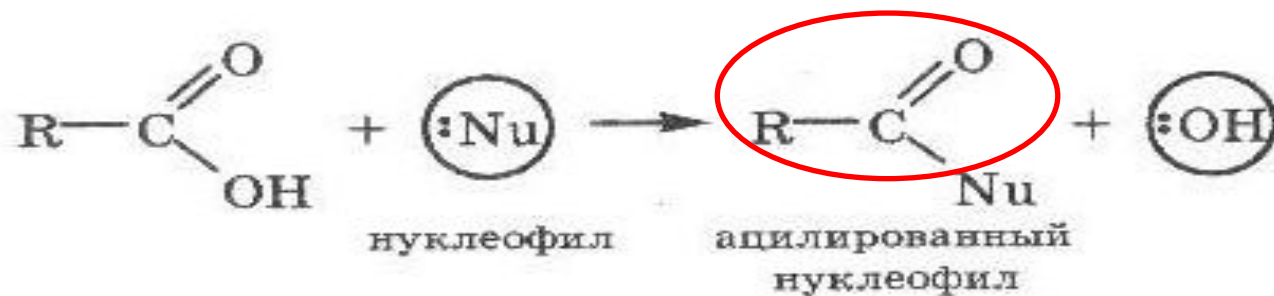


# Кислотные свойства КК

Взаимодействие с  $\text{Me}$ ;  $\text{Me}_x\text{O}_y$ ;  $\text{Me}(\text{OH})_y$ ;  
солями слабых кислот:



**Реакции ацилирования** - это замещение любого атома или группы атомов на ацил. В зависимости от атома к которому присоединяют ацил различают C-, N-, O-, S- ацилирование

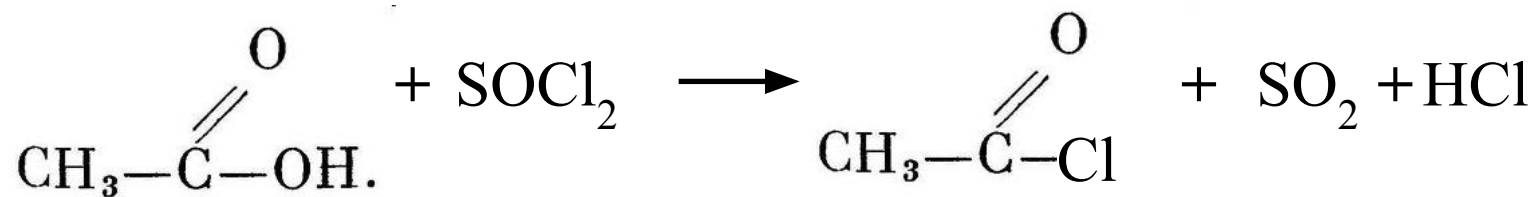


ацильный остаток

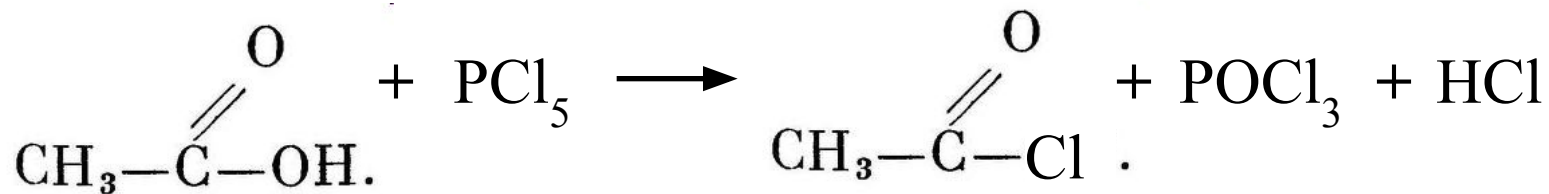
**Ацилирование** – реакция  $S_N$  по карбонильному углеродному атому, с образованием связи между ацильным остатком и нуклеофилом.

# 1. Галогенацилирование.

Образование галогенангидридов карбоновых кислот

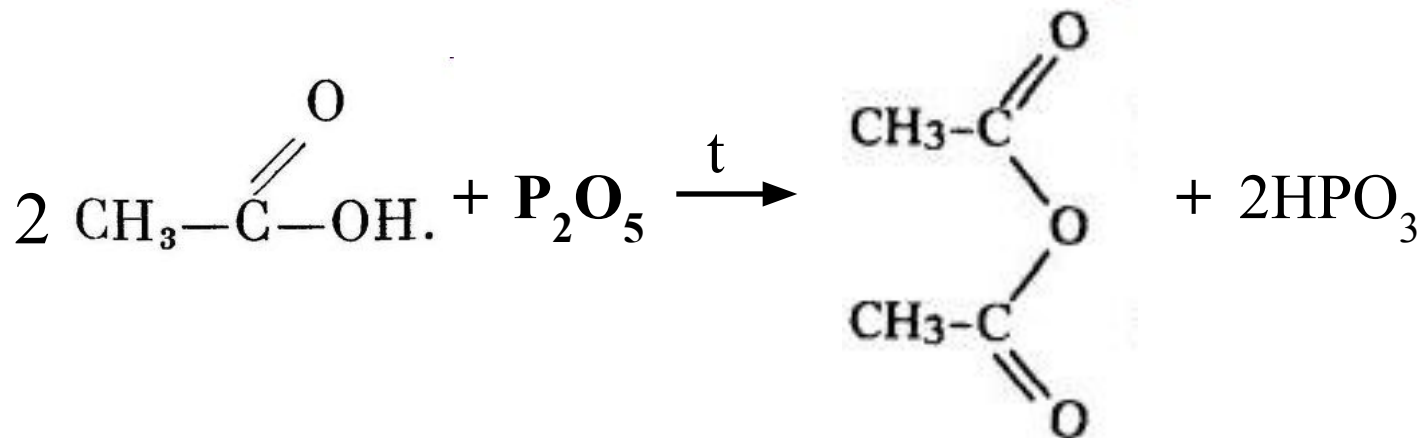
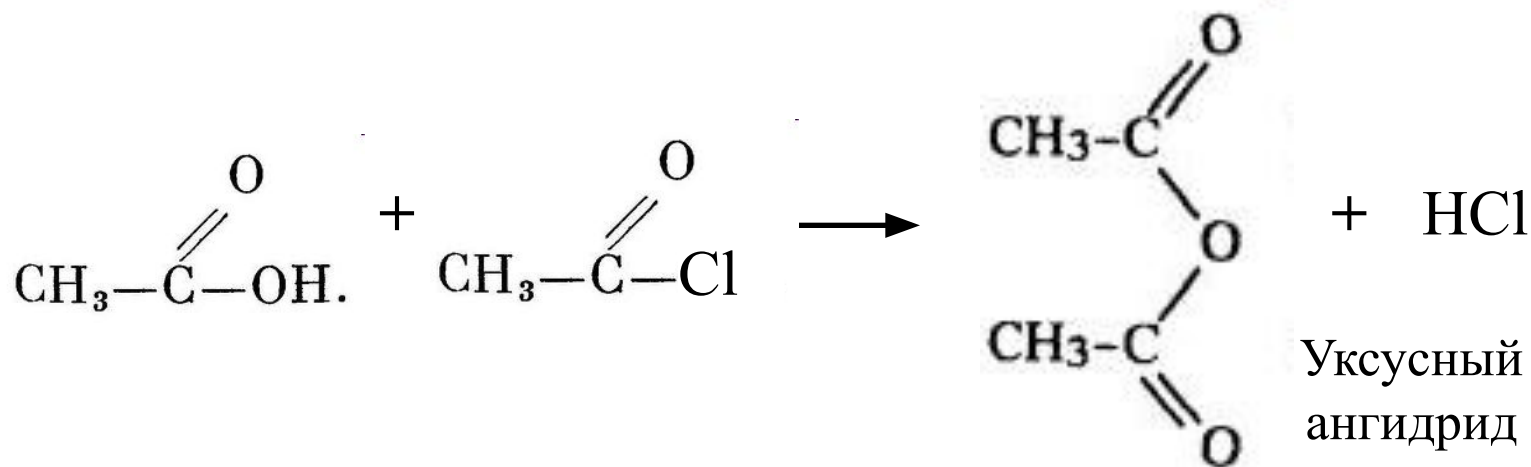


Хлорангидрид  
(ацилхлорид)



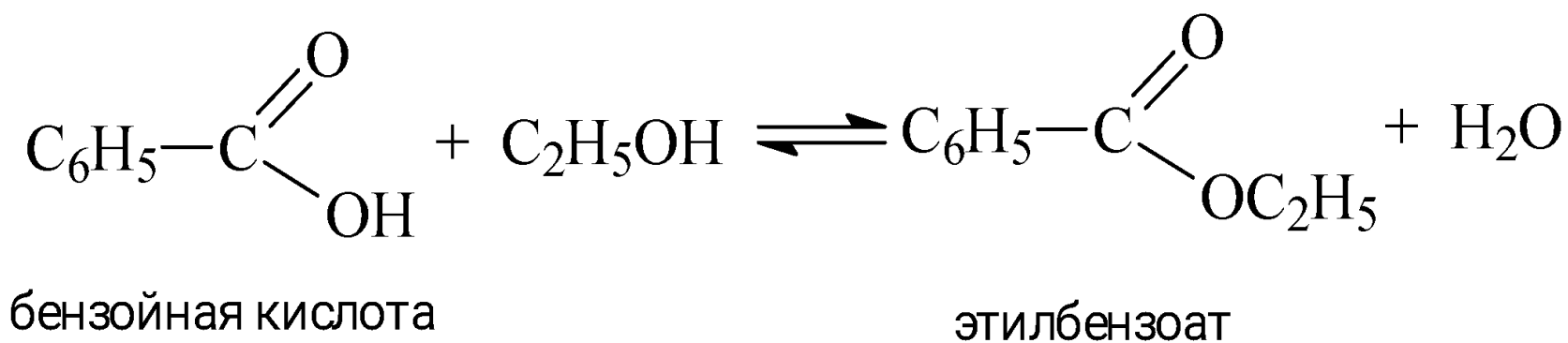
## 2. О-ацилирование карбоновых кислот.

Образование ангидридов карбоновых кислот



### 3. **O-ацилирование спиртов.**

Реакция этерификации (образование сложных эфиров)



## 4. N-ацилирование аминов.

### Образование амидов карбоновых кислот

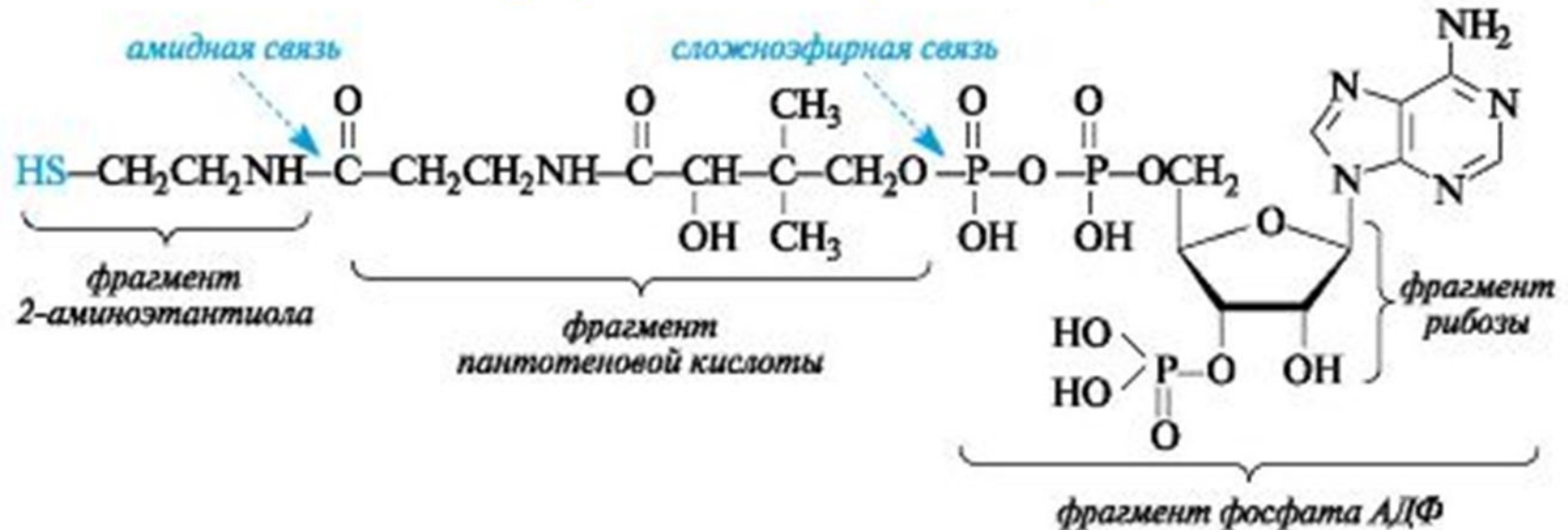


Реакция образования амидов играет большую роль в организме: за счет этой реакции происходит обезвреживание токсичного аммиака.

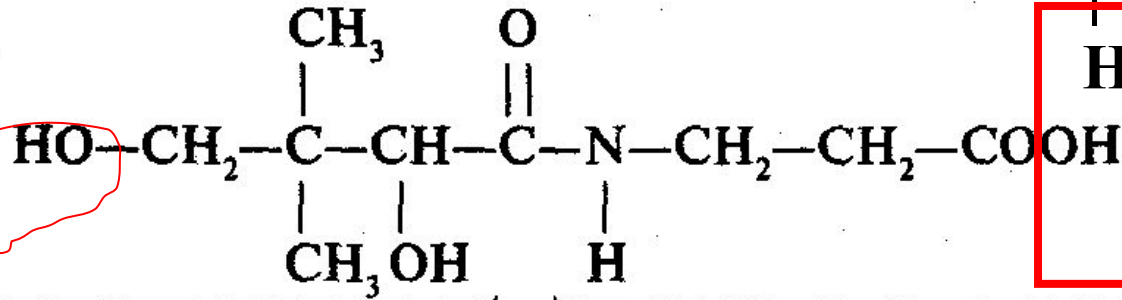
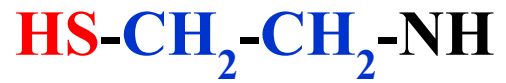
## 5. S-Ацилирование тиолов.

В метаболизме карбоновых кислот большую роль играет их способность при участии АТФ ацилировать *кофермент А\**

### Кофермент А (HSCoA)

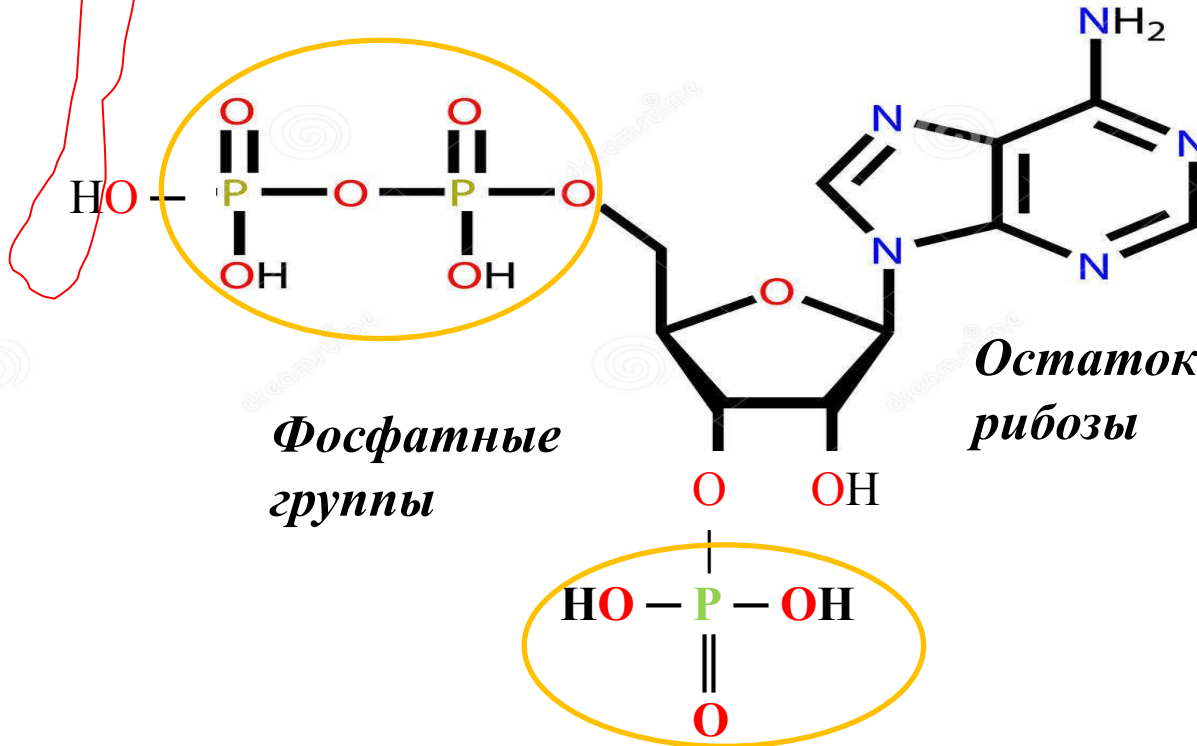


Кофермент А -сложное соединение, содержащее остаток 2-аминоэтанттиола  $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-$ , пантотеновую кислоту (витамин  $\text{B}_3$ ) и фосфатное производное аденозина.



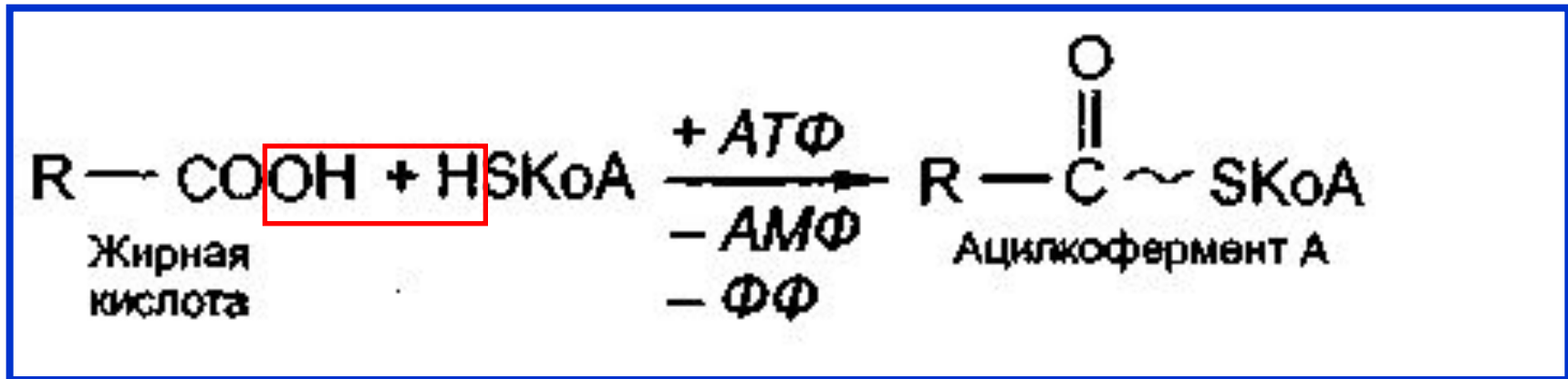
Остаток  $\alpha$ ,  $\gamma$ -диокси- $\beta$ ,  
 $\beta$ -диметилмасляной  
кислоты

Остаток  $\beta$ -аланина

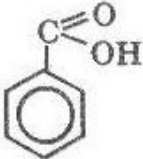





С жирными кислотами кофермент А, за счет тиольной группы ( $\text{—SH}$ ), образует сложные тиоэфиры, называемые *ацилкоферментами А* (ацил-КоА или  $\text{RCOSCoA}$ ):

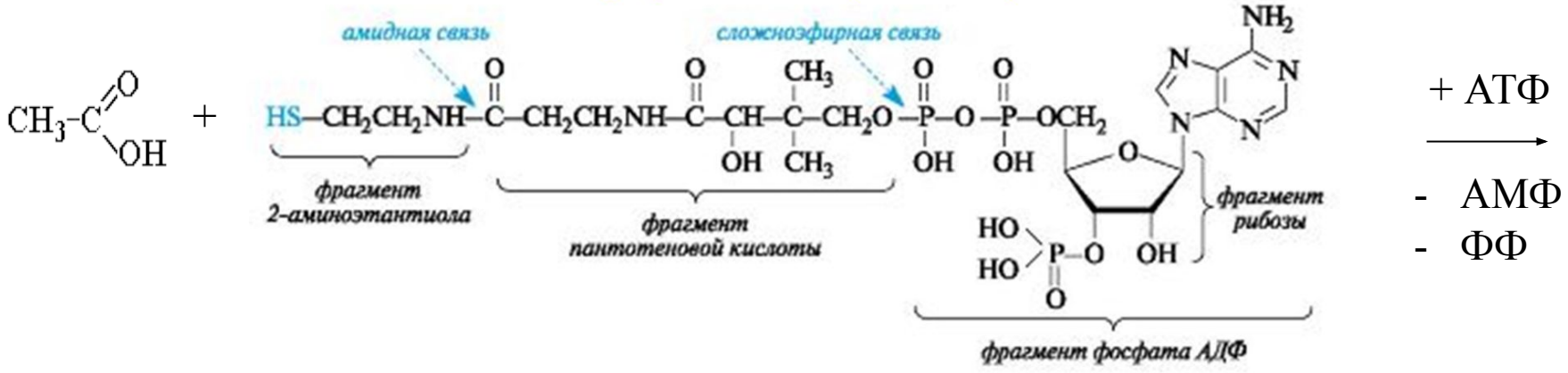


### Тривиальные и систематические названия некоторых монокарбоновых кислот

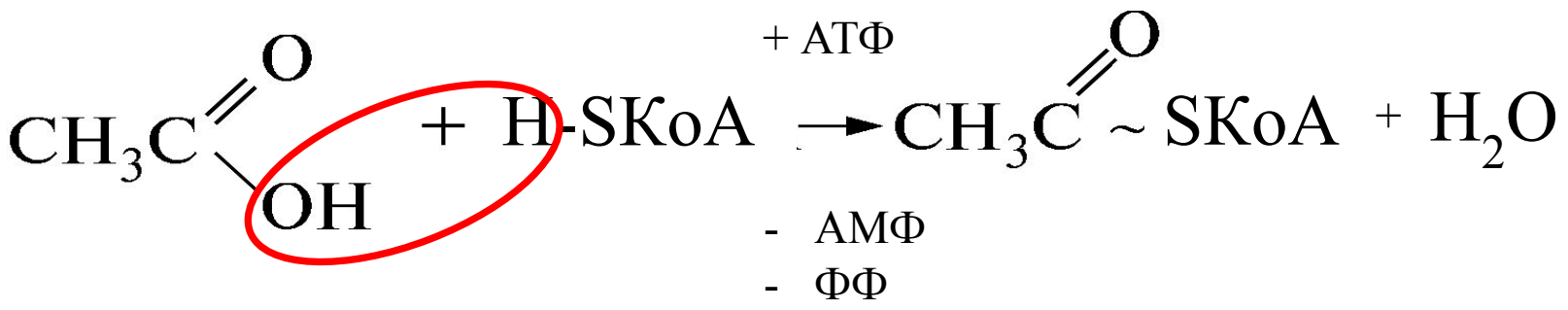
Формула кислоты	Тривиальное название	Систематическое название	Название аниона (в солях кислоты)	Формула ацильной группы	Название ацильной группы
$\text{HC}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{matrix}$	Муравьиная кислота	Метановая кислота	Формиат	$\text{HC}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Формил
$\text{CH}_3\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{matrix}$	Уксусная кислота	Этановая кислота	Ацетат	$\text{CH}_3\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Ацетил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{matrix}$	Пропионовая кислота	Пропановая кислота	Пропионат	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Пропионил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{matrix}$	<i>n</i> -Масляная кислота	Бутановая кислота	Бутират	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Бутирил
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{matrix}$	Изомасляная кислота	2-Метилпропановая кислота	Изобутират	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Изобутирил
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Пальмитиновая кислота	Гексадекановая кислота	Пальмитат	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Пальмитил
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Стеариновая кислота	Октадекановая кислота	Стеарат	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Стеарил
	Бензойная кислота	Бензоилкарбоновая кислота	Бензоат		Бензоил

Например, при участии уксусной кислоты образуется *ацетилкофермент А* (ацетил-КоА)

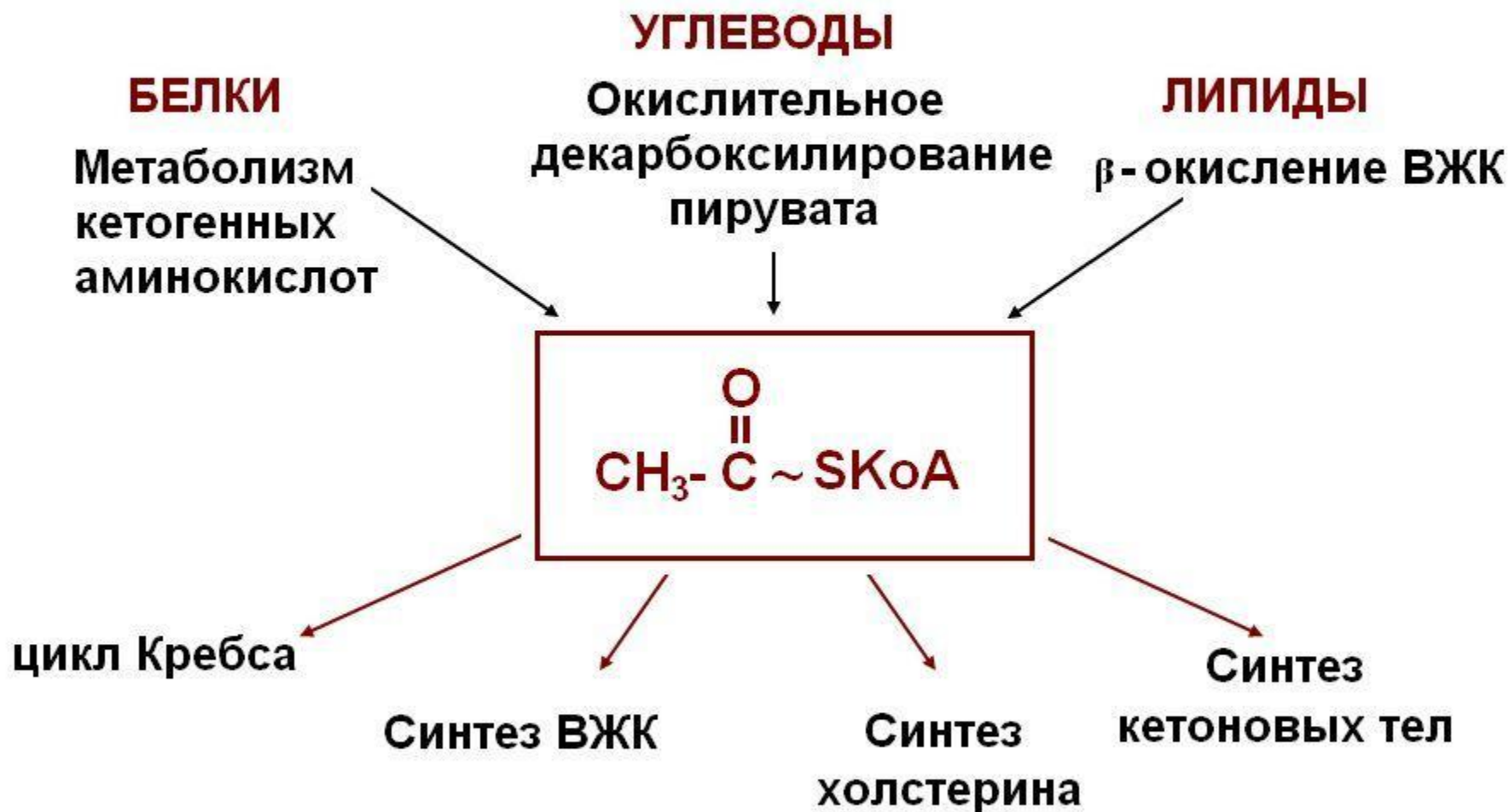
**Кофермент А (HSCoA)**



**ИЛИ**

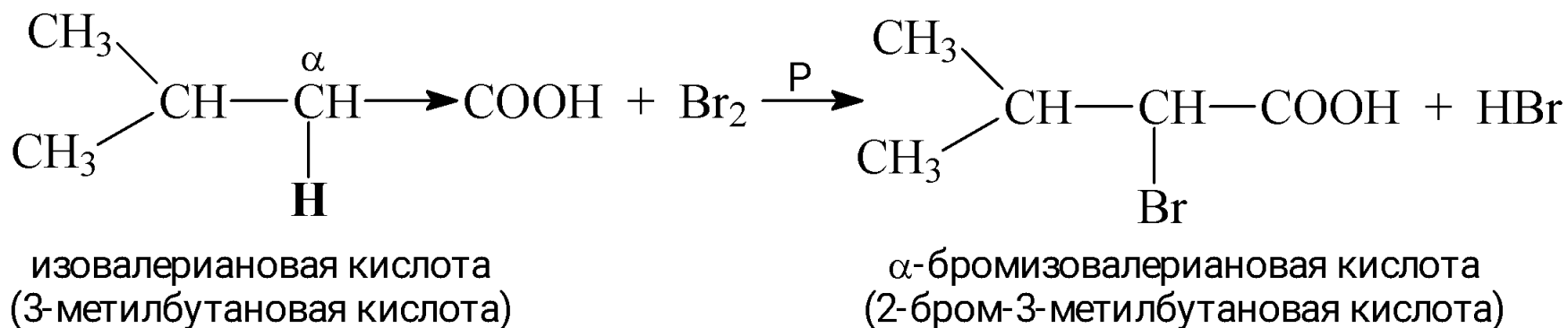


# Ацетил-КоА, источники, пути использования



# Реакции с участием радикалов монокарбоновых кислот

## Галогенирование насыщенных алифатических кислот (реакция Гелля—Фольгарда—Зелинского)





# **ДИКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**

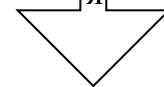
В живом мире наибольшее значение имеют:

Формула	Тривиальное название кислоты	Название солей	Название ацильного остатка
$\text{HOOC}-\text{COOH}$	Щавелевая	Оксалаты	Оксалил
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Малоновая	Малонаты	Малонил
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	Янтарная	Сукцинаты	Сукцинил
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	Глутаровая	Глутараты	Глутарил

Диссоциируют ступенчато.

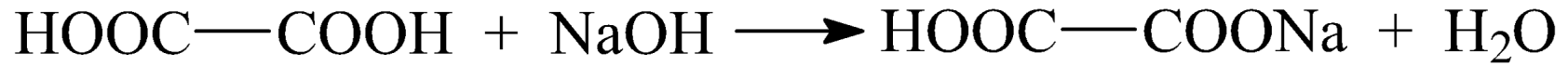
Кислотные свойства значительно выше, чем монокарбоновых, из-за электроноакцепторного влияния второй  $-\text{COOH}$  группы.

С  
и  
л  
а  
у  
м  
е  
н  
ь  
ш  
а  
е  
т  
с  
я

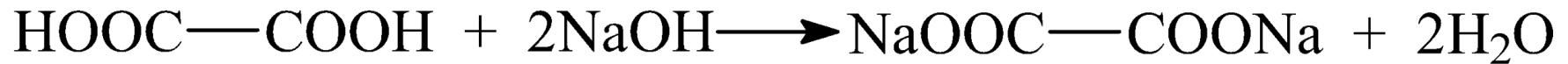


Дикарбоновые кислоты обладают **неспецифическими свойствами**, реакции могут протекать с участием одной или двух функциональных групп.

## 1. Дают два ряда солей:

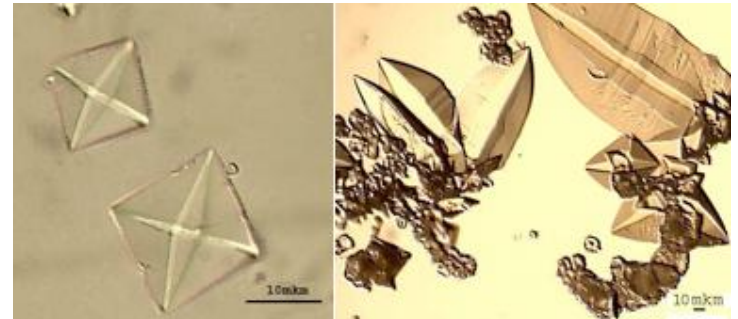


гидроксалат натрия  
(кислая соль)



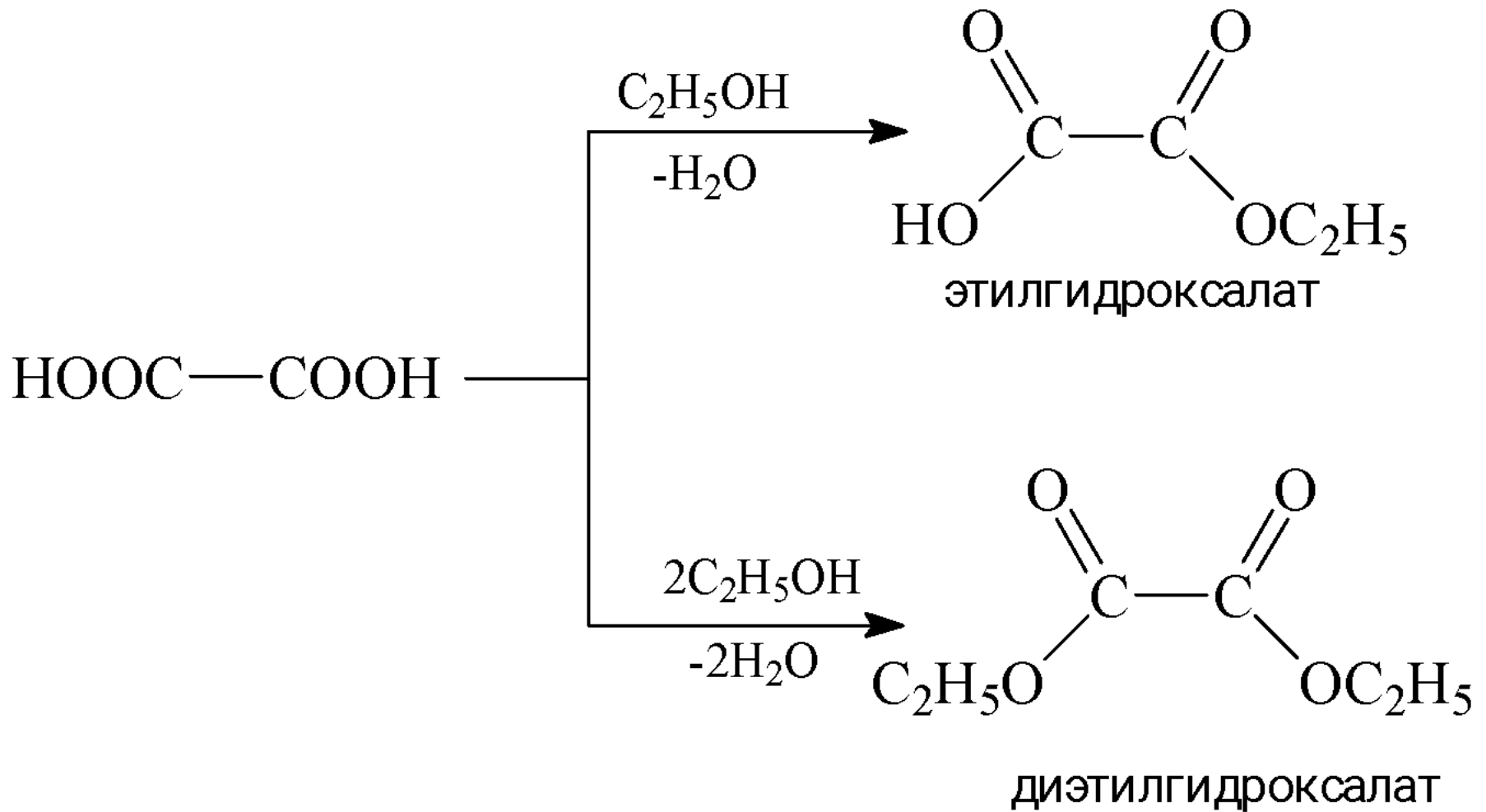
оксалат натрия  
(средняя соль)

Кальциевые соли щавелевой кислоты малорастворимы — они являются причиной образования оксалатных камней в почках и мочевом пузыре.



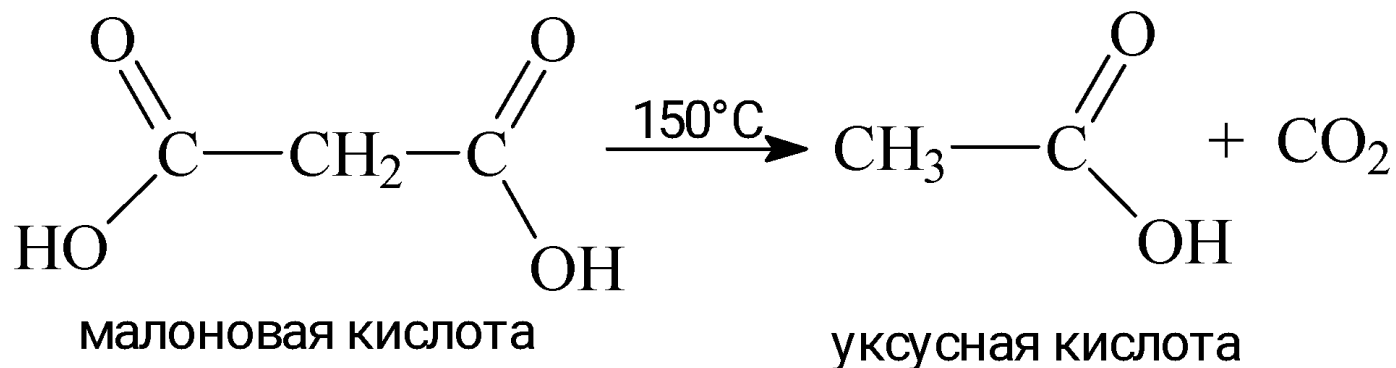
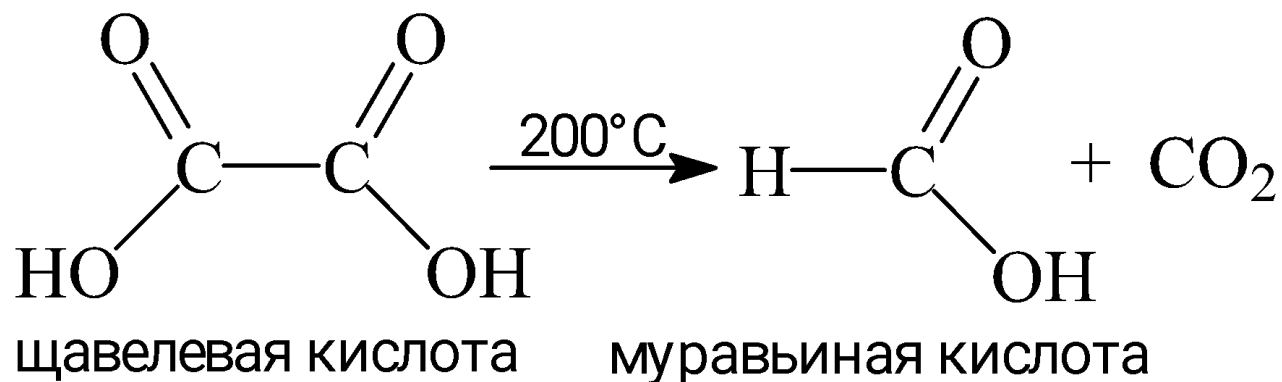


## 2. Образуют функциональные производные – полные и неполные эфиры (амиды):

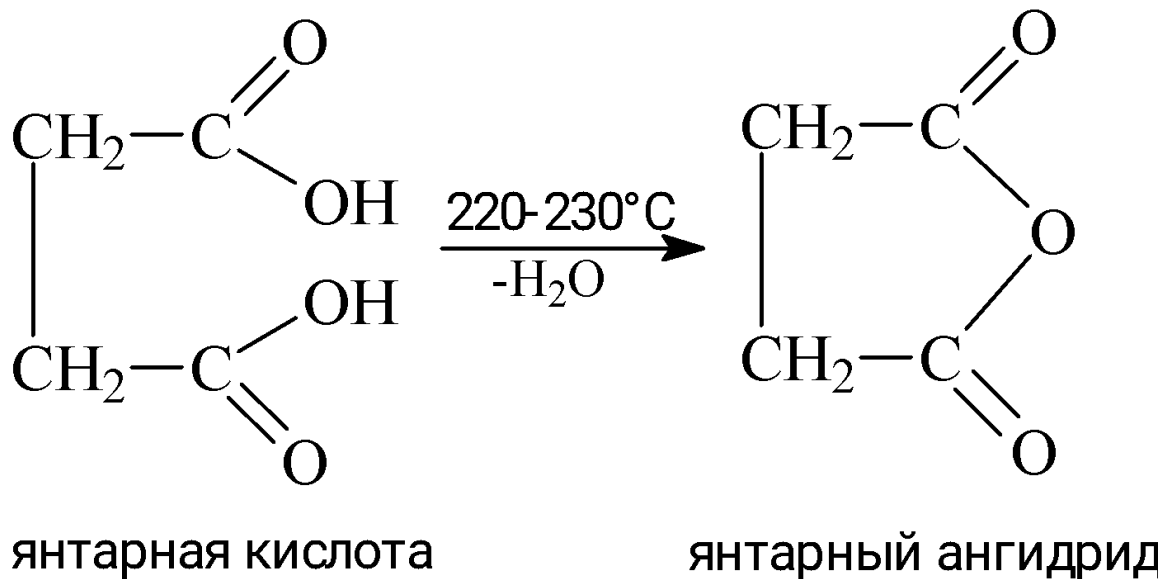


# Специфические свойства

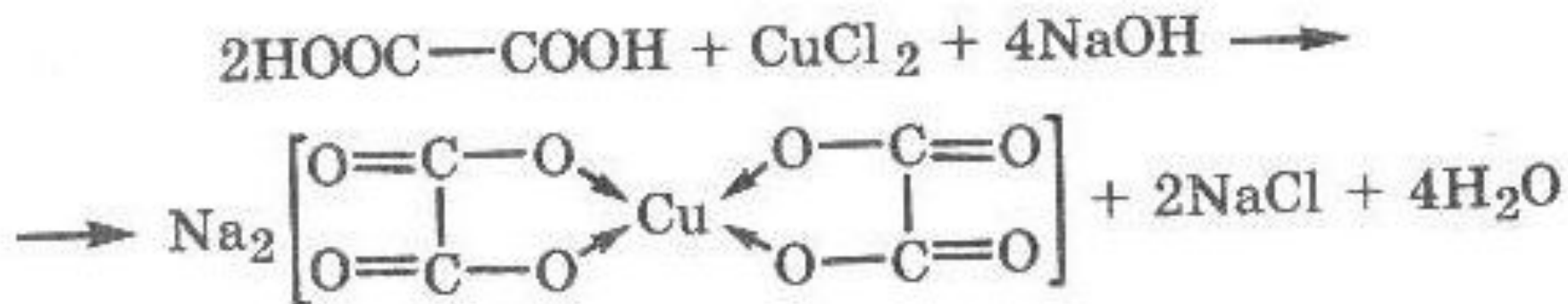
1. Первые два гомолога дикарбоновых кислот легко декарбоксилируются – отщепляют  $\text{CO}_2$



2. Янтарная и глутаровая кислоты с более длинной цепью изгибаются и при нагревании не декарбоксилируются, а происходит **внутримолекулярное ацилирование**, с образованием циклических ангидридов.

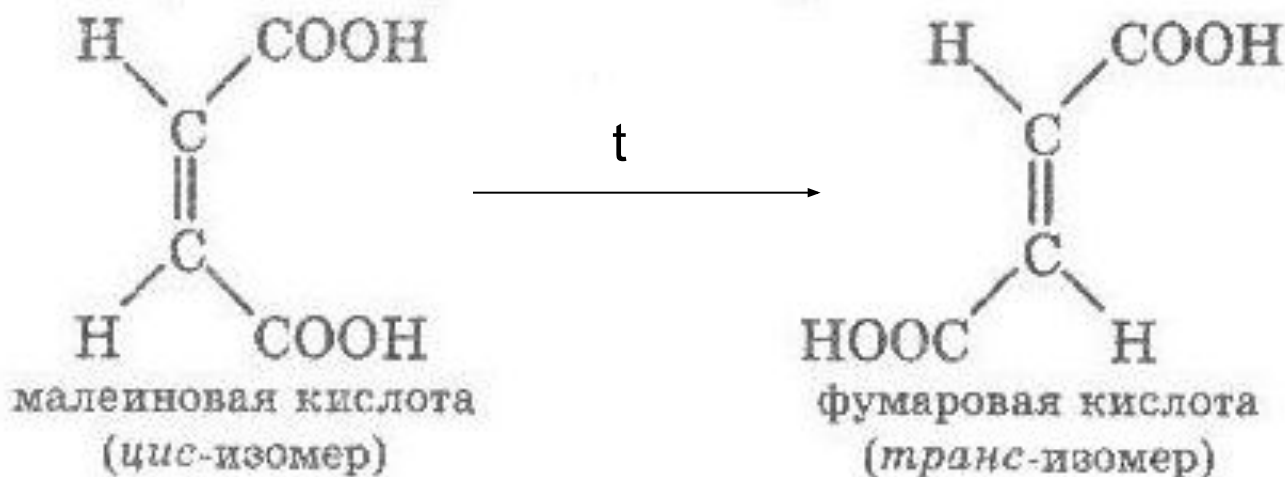


3. Дикарбоновые кислоты являются бидентатными лигандами и легко образуют прочные хелатные комплексы:



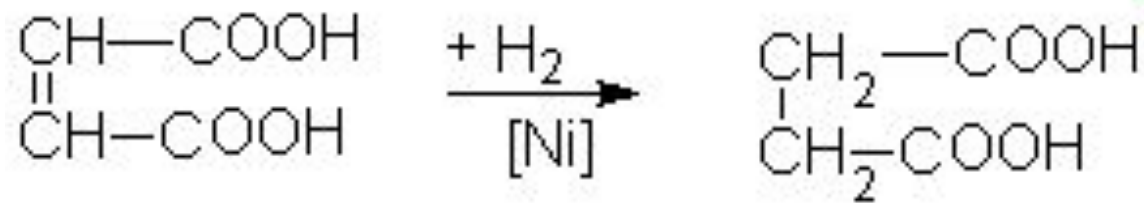
# Непредельные дикарбоновые кислоты

Простейшими с одной двойной связью, являются **малеиновая** и **фумаровая** кислоты:



Малеиновая к-та менее устойчива, при нагревании и действии радикалообразующих веществ (иода, оксида азота, азотистой к-ты) превращается в фумаровую.

По химическим свойствам отличаются от предельных способностью присоединять галогены, галогенводороды, водород и т.д.



Только *малеиновая кислота* способна давать *циклический ангидрид* (вследствие близкого расположения  $-\text{COOH}$ ).

