

■ ЛИПИДЫ

■ ОБМЕН ЛИПИДОВ

The bottom half of the slide features several light gray, wavy, horizontal lines that sweep across the page from left to right, creating a sense of movement and depth.

План

- 1. Липиды, понятие, классификация.
- 2. Функции липидов.
- 3. Жиры, классификация, строение, номенклатура
- 4. Гидролиз жиров в ЖКТ
- 5. Распад глицерина
- 6. Распад ВЖК
- 7. Энергетический эффект полного окисления молекулы жира (на примере тристеарина)
- Биосинтез жиров

- Первые 3 пункта подробно рассмотрены в пособии Химические основы жизни, раздел 5.
- Также в курсе в мул прикреплено хорошее обучающее видео о строении липидов и мембран + механизмы мембранного транспорта.
- Далее приведены вопросы к домашней работе по теме Ж «Липиды, обмен липидов».
- К следующему занятию необходимо оформить и изучить лабораторную работу 9 «Характерные реакции на липиды»

Вопросы к домашней работе по теме

ЛИПИДЫ

- 1. Классификация липидов.
- 2. В состав свиного жира входят триглицериды:
 - а) трипальмитин,
 - б) триолеин,
 - в) олеодипальмитин,
 - г) пальмитостеароолеин.
- Напишите формулы перечисленных триглицеридов. Какие из них являются простыми и какие смешанными?
- 3. Гидролиз жиров в желудочно-кишечном тракте позвоночных.
- 4. Напишите уравнения реакций гидролиза тристеарина, олеодипальмитина.
- 5. Напишите уравнения реакций, протекающих по схеме:
 - Глицерин $\xrightarrow{\text{глицерокиназа}}$ X $\xrightarrow{\text{глицерофосфатдегидрогеназа}}$ Y
 - триозофосфатизомераза $\xrightarrow{\quad}$ Z
- Назовите вещества X, Y, Z.
- 6. Напишите уравнение реакции активирования стеариновой кислоты.

Классификация липидов

ЛИПИДЫ

Органические вещества биологической природы, нерастворимые в воде, но растворимые в неполярных растворителях (бензол, эфир, хлороформ)

ОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе в щелочной среде образуют спирт и соли жирных кислот

ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты и жирные кислоты

ВОСКА

ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИНЫ
(нейтральные жиры)

СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты, жирные кислоты и другие вещества (углеводы, азотсодержащие вещества, фосфорную кислоту)

ФОСФОЛИПИДЫ

гликолипиды

Цереброзиды

Сульфолипиды

Ганглиозиды

ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ

Фосфатидилхолины
(лецитины)

Фосфатидилэтанолламины
(кефалины)

Фосфатидилсерины

Фосфатидилинозитолы

Плазмалогены

Кардиолипиды

СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ

Сфингомиелины

НЕОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

Не гидролизуются в щелочной или кислой среде

Производные насыщенного углеводорода – циклопентанпер-
гидрофенантрена.
Стероиды делят на группы в зависимости от количества
углеродных атомов боковой цепи у C₁₇

СТЕРИНЫ, СТЕРИДЫ

Эфиры стерinov и жирных кислот (восемь углеродных атомов у C₁₇) – холестерин, эфиры холестерина

ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ

Холевая, дезоксихолевая и хенодезоксихолевая кислоты (пять углеродных атомов у C₁₇)

СТЕРОИДНЫЕ ГОРМОНЫ

Кортикостероиды и прогестероны (два углеродных атома у C₁₇).

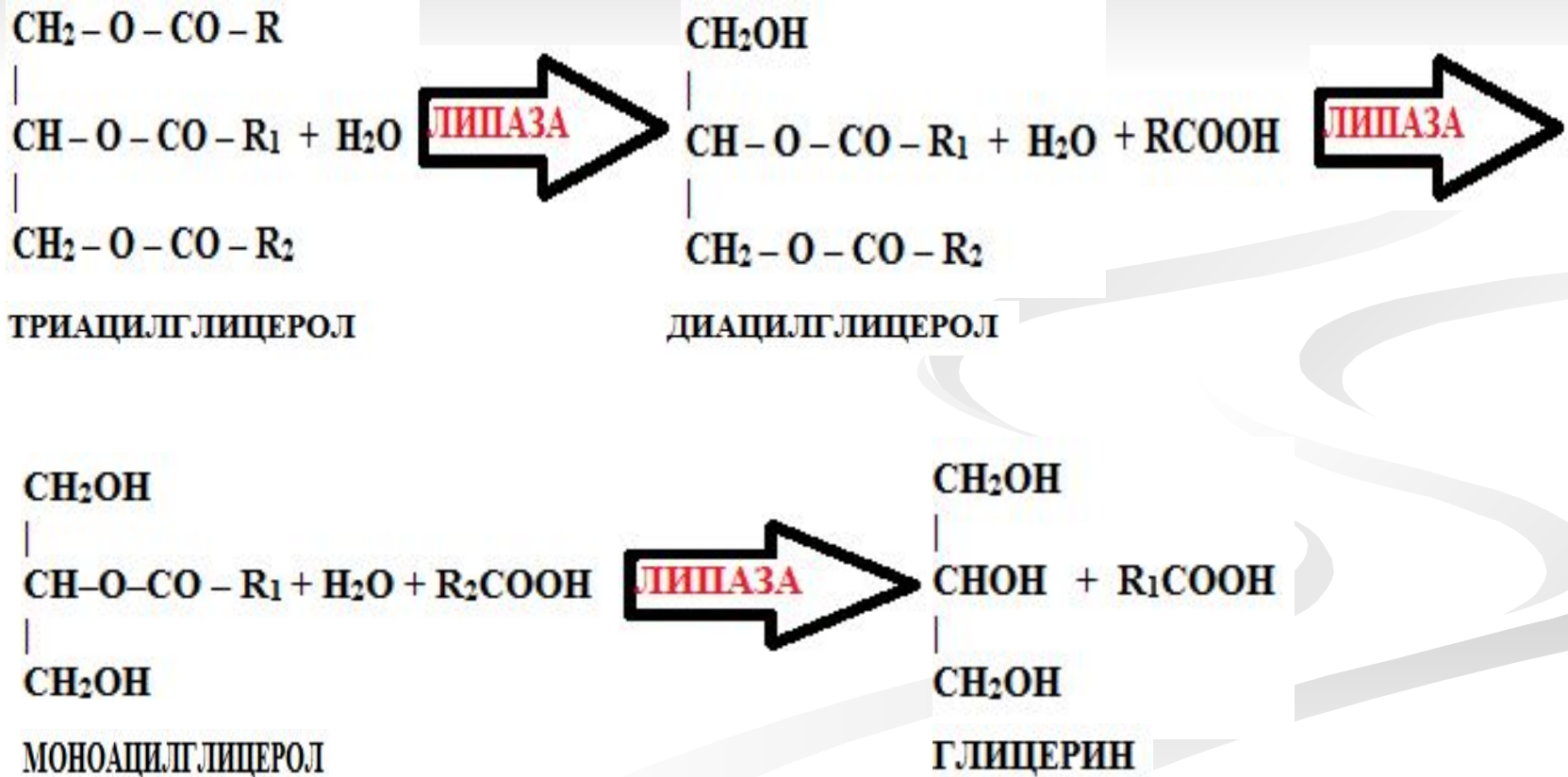
СТЕРОИДНЫЕ ВИТАМИНЫ

Витамины D₂ и D₃, провитамины D {эргостерин, 7-дегидрохолестерин), восемь углеродных атомов у

Распад жиров

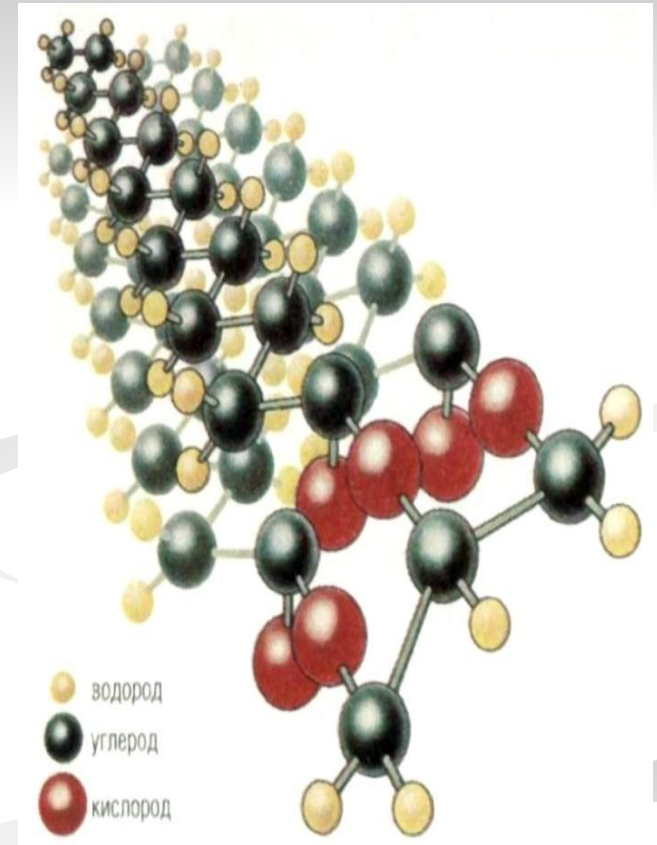
Жиры ступенчато гидролизуются на глицерин и высшие жирные кислоты под влиянием фермента

ЛИПАЗЫ:



Распад жиров в желудочно-кишечном тракте позвоночных

- Для расщепления жиров в присутствии липазы необходимо их эмульгирование, увеличивающее поверхность соприкосновения нерастворимых в воде жиров с водным раствором липазы.
- Эмульгирование достигается перемешиванием в кишечнике пищи с компонентами желчи.



Распад жиров в желудочно-кишечном тракте позвоночных

- В ротовой полости жиры никаким изменениям не подвергаются, т.к. в слюне нет липаз.
- В желудке гидролиз может происходить, но в очень ограниченном количестве, т.к. в желудке содержится малоактивная липаза. Кроме того, в желудке нет условий для эмульгирования жиров.
- Гидролиз жиров в желудке происходит в том случае, если туда попадет, например, жир молока, представляющий собой тонкую эмульсию. Этот процесс играет большую роль в пищеварении грудных детей, рН желудочного сока которых равен 5,0.
- У взрослых людей жиры поступают в кишечник через желудок почти без изменений.



Распад жиров в желудочно-кишечном тракте позвоночных

- В 12-перстной кишке происходит нейтрализация соляной кислоты желудочного сока, попавшей в кишечник с пищей, бикарбонатами, содержащимся в панкреатическом и желудочном соках.
- Выделяющиеся при этом пузырьки CO_2 способствуют хорошему перевариванию пищи.
- Эмульгаторами жиров в кишечнике является также соли желчных кислот, попадающие с желчью в полость кишечника.

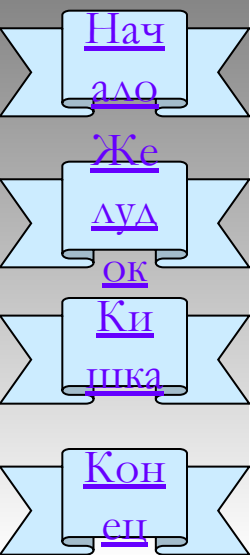
Распад жиров в желудочно-кишечном тракте позвоночных

- Большая часть жиров гидролизруется в кишечнике до глицерина и высших жирных кислот. Липаза активируется желчными кислотами, образующийся глицерин хорошо растворим в воде и легко всасывается стенкой кишечника.
- Высшие жирные кислоты нерастворимы



в воде, но они образуют с желчью растворимые в воде комплексы — холеиновые кислоты.

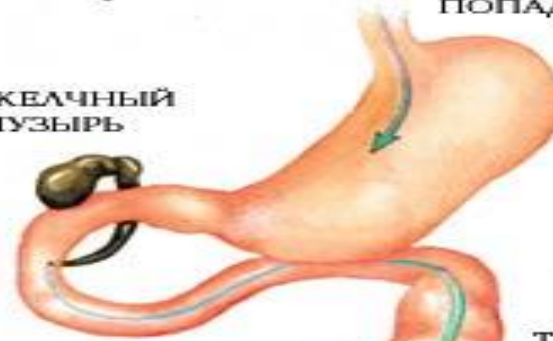




От пищи до жировой клетки:
схема превращения жиров в организме.

ЖИРЫ С ПИЩЕЙ
ПОПАДАЮТ В ЖЕЛУДОК

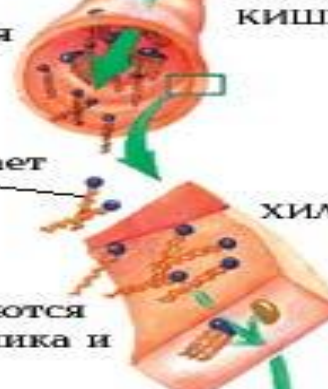
ЖЕЛЧНЫЙ
ПУЗЫРЬ



ТОНКИЙ
КИШЕЧНИК

Желчь обволакивает жиры, формируя из них мелкие капельки.

Фермент кишечная липаза разлагает триглицериды на глицерин и жирные кислоты.



ХИЛОМИКРОН

Жирные кислоты и глицерин всасываются в слизистую оболочку тонкого кишечника и снова соединяются в триглицериды.

Триглицериды образуют комплексы с белками — хиломикроны. Хиломикроны через лимфатическую систему попадают в кровь.

КАПИЛЛЯР

ХИЛОМИКРОН

В кровеносных капиллярах фермент липопротеиновая липаза снова разлагает триглицериды на жирные кислоты и глицерин.

ЛИПОПРОТЕИНОВАЯ
ЛИПАЗА

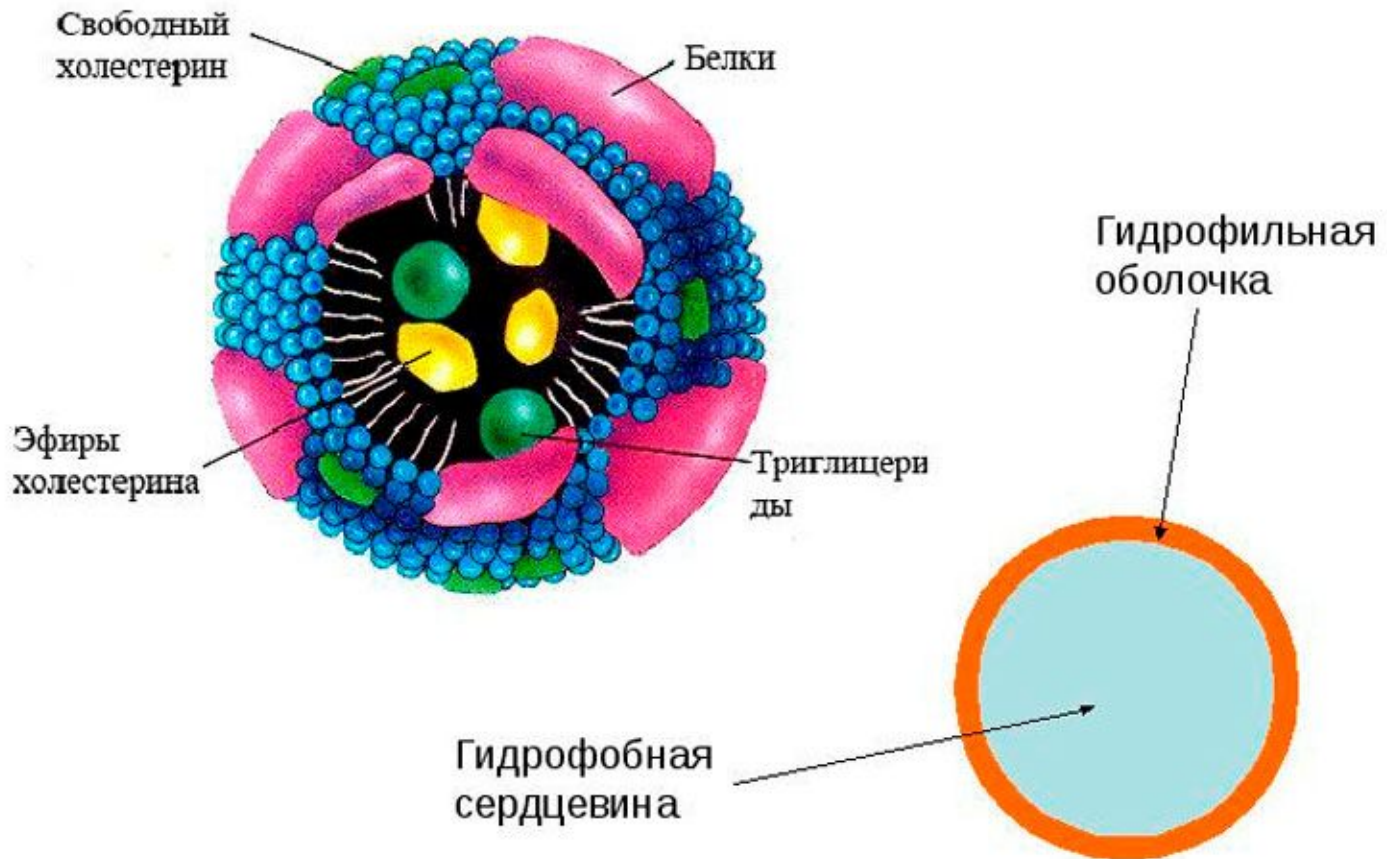
КЛЕТКА-АДИПОЦИТ



Жирные кислоты всасываются в клетки. В мышечных клетках (миоцитах) жирные кислоты используются как топливо, а в жировых клетках (адипоцитах) откладываются про запас.

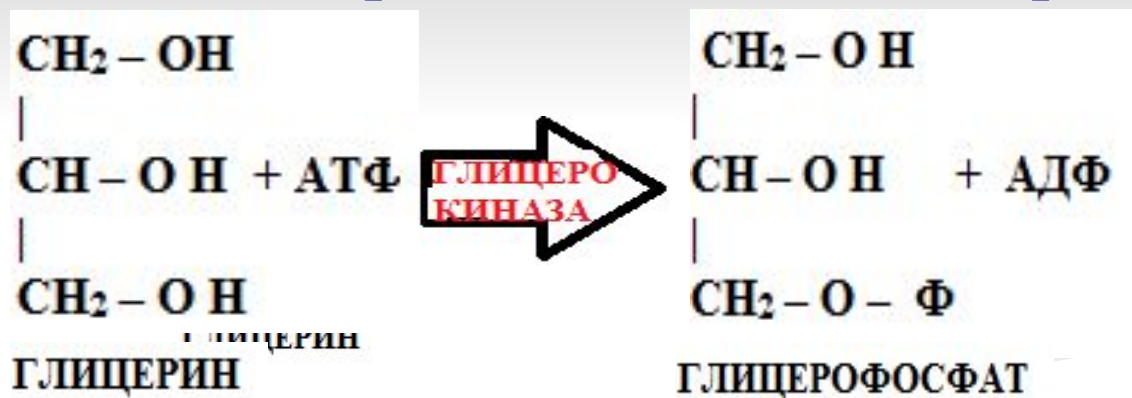
Липопротеины – это высокомолекулярные водорастворимые частицы, являющиеся комплексом белка и липидов, образованные нековалентными связями, и обеспечивающими транспорт липидов в крови.

Строение липопротеинов

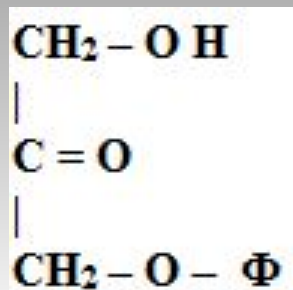


Распад глицерина

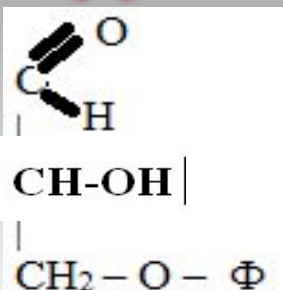
Большая часть глицерина и жирных кислот используется для ресинтеза жиров, но часть их подвергается дальнейшему распаду:



Распад глицерина



ДИГИДРОКСИАЦЕТОН
ФОСФАТ



ГЛИЦЕРАЛЬДЕГИД
-3-ФОСФАТ

- НАД⁺



НАД*Н⁺ +

АТФ

+ 3-ФОСФОГЛИЦЕРОИЛФОСФАТ



3-ФОСФОГЛИЦЕРАТ

2-ФОСФОГЛИЦЕРАТ



→ ФОСФОЕНОЛПИРУВАТ



ПВК + НАД⁺ + НSКоА



АТФ

НАДН*Н⁺ + СО₂ + ацетилКоА



Цикл Кребса



3 НАДН*Н⁺
1 ФАД*Н₂
1 АТФ

СО₂

→ Дыхательная цепь ферментов



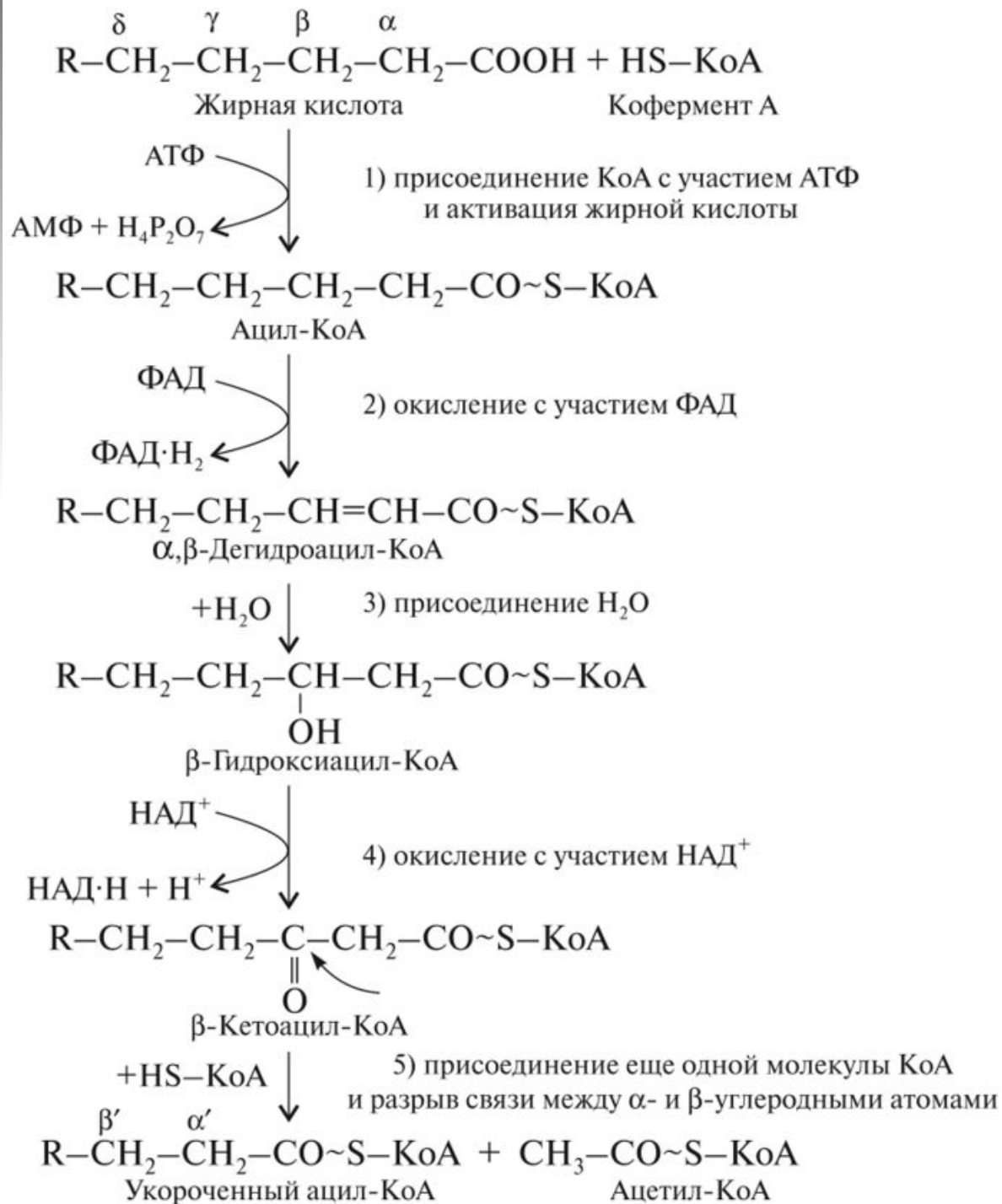
Н₂О

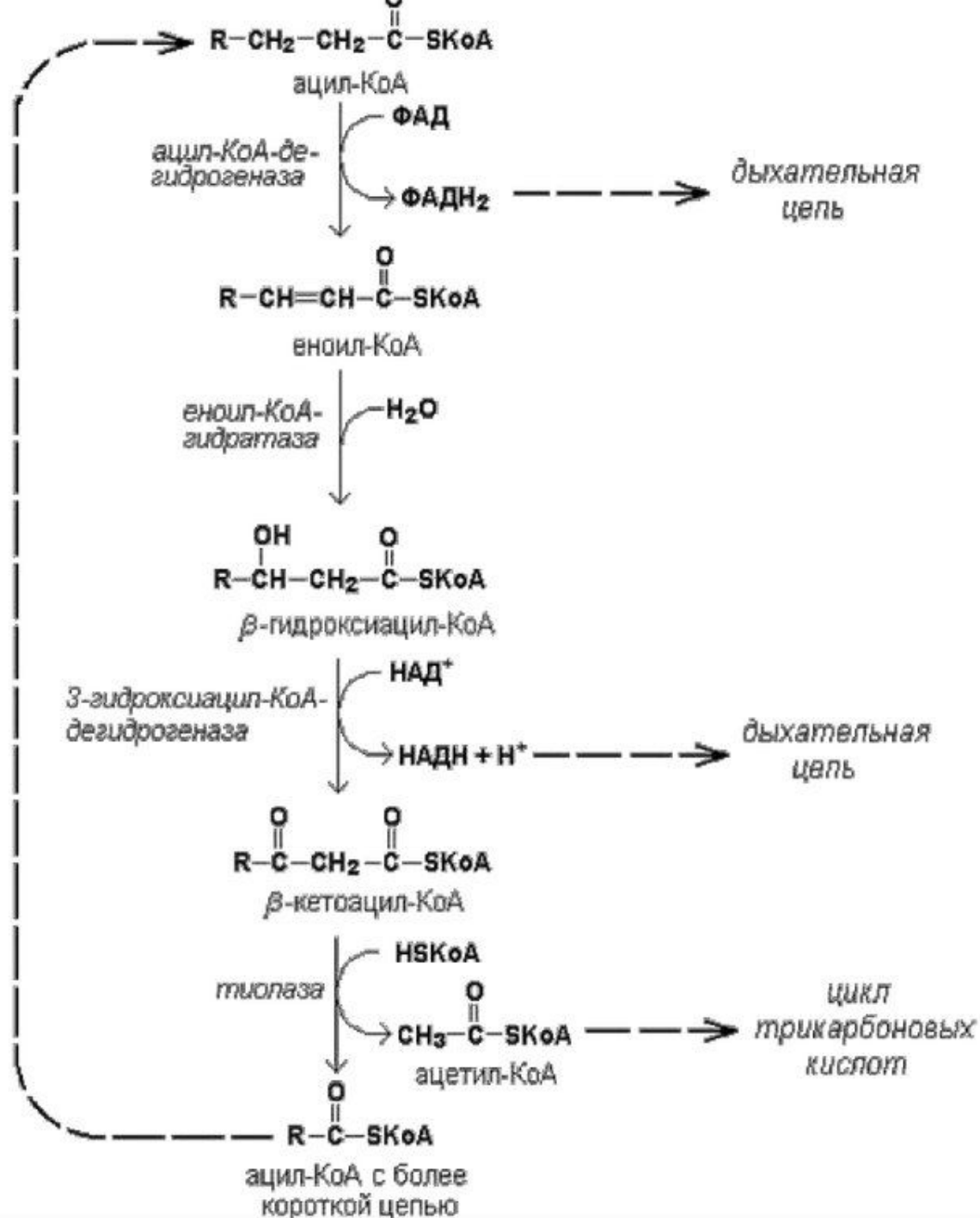
Энергетический эффект окисления глицерина

- При полном окислении молекулы глицерина в аэробных условиях образуется **22 АТФ**:
 1. До пирувата: $2 \text{ НАДН} \cdot \text{Н}^+ \rightarrow 6$ молекул АТФ
 2. Субстратное фосфорилирование до пирувата: 2 АТФ
 3. Окислительное декарбоксилирование пирувата: $\text{НАДН} \cdot \text{Н}^+ \rightarrow 3$ молекулы АТФ
 4. Цикл Кребса: 12 АТФ
 - Итого: 23 АТФ - 1 АТФ (первая реакция) = **22 АТФ**
- В анаэробных условиях энергетический выход:
1 АТФ (2 АТФ – субстратное фосфорилирование до ПВК - 1 АТФ = 1 АТФ).

β -Окисление жирных кислот

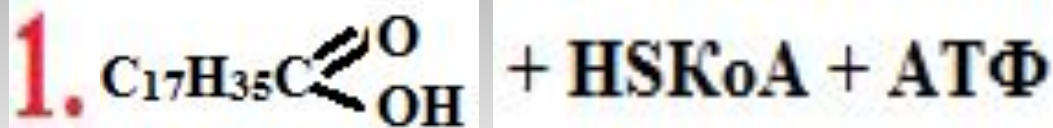
- 1. Реакция активирования аминокислот (при участии АТФ)
- 2. **4 реакции, замкнутые в цикл**, в ходе которого от ацил-КоА «отрезается» ацетил-КоА, и молекула укорачивается на **2 атома углерода** (слайд 18-21).
- В ходе этих 4 реакций образуется 1 НАД восстановленный и 1 ФАД восстановленный
- (дают при окислении $3+2=5$ АТФ)



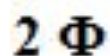
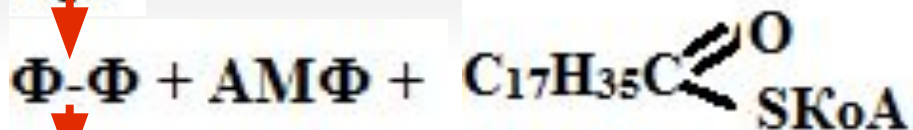
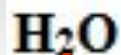


1. дегидрирование ацил-КоА
2. гидратация
3. дегидрирование β-гидроксиацил-КоА
4. тиолитическое расщепление
5. Жирная кислота, укороченная на 2 атома углерода → реакции β-окисления
6. Окисление ВЖК – циклический процесс

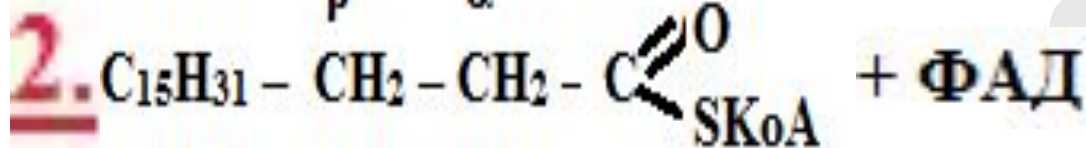
β-Окисление жирных кислот



Ацил-КоА-синтетаза, Mg^{2+}

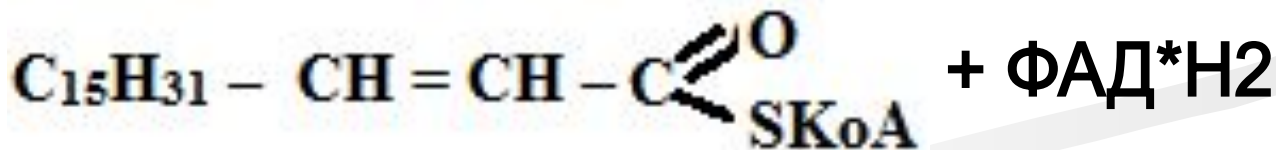


стеарил КоА



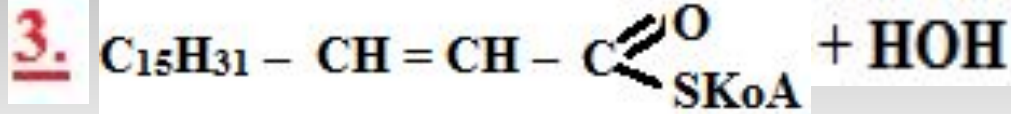
стеарил-КоА

Ацил - КоА
дегидрогеназа

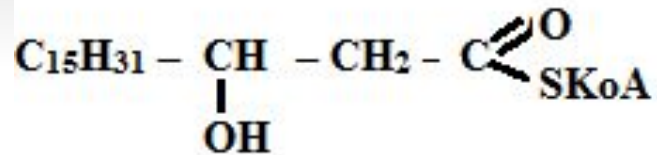


α, β - дегидростеарил - КоА
(еноил - КоА)

β-Окисление жирных кислот

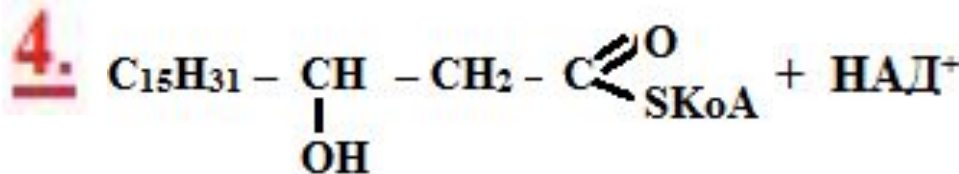


еноил - КоА



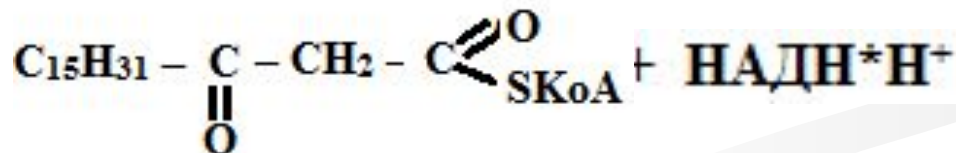
β - оксистеарил - КоА

Еноил - КоА
гидратаза



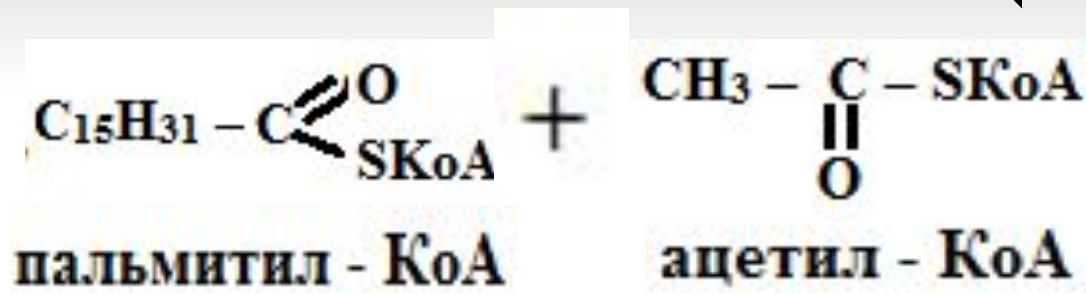
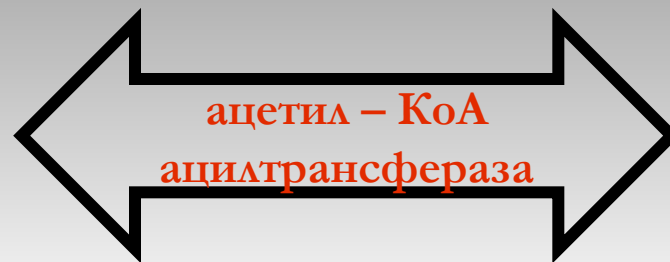
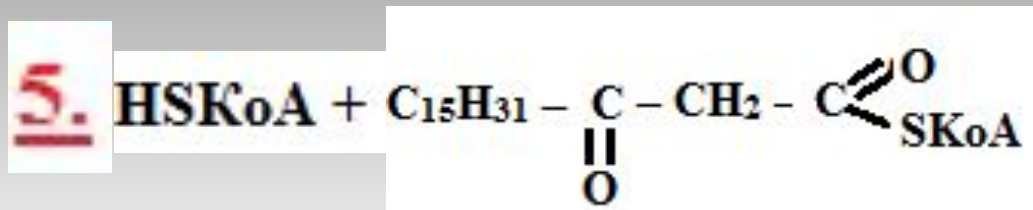
β - оксистеарил - КоА

β - оксиацил КоА дегидрогеназа



β - кетостеарил - КоА

β-Окисление жирных кислот



Процесс β-окисления многократно повторяется и конечным продуктом является ацетил-КоА.

β-окисление происходит в матриксе митохондрий и служит источником для синтеза АТФ. Во время одного акта β-окисления образуется $\text{НАДН} \cdot \text{H}^+ + \text{ФАД} \cdot \text{H}_2$, что приводит к синтезу 5 АТФ

Энергетический выход β -Окисления пальмитиновой кислоты

□ При окислении пальмитиновой кислоты образуется 8 молекул ацетил-КоА в результате 7 β -циклов. Каждый β -цикл дает 5 АТФ, а 7 – соответственно 35 АТФ.

Каждый ацетил-КоА при полном окислении дает 12 АТФ, а $8 \cdot 12 =$ 96 АТФ.

Итого: $96 \text{ АТФ} + 35 \text{ АТФ} =$

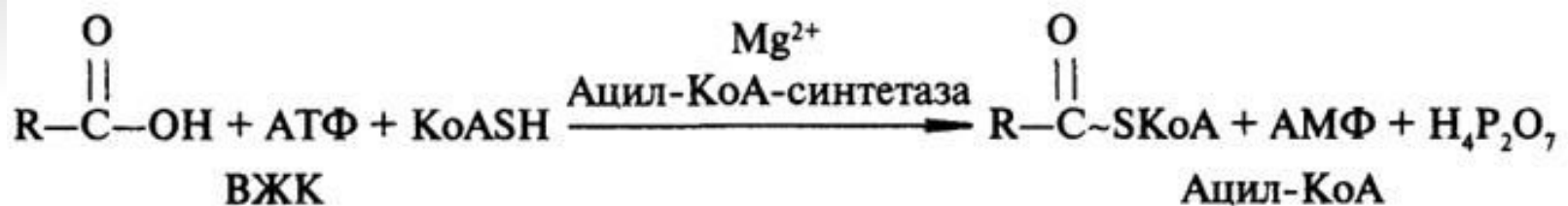
$131 \text{ АТФ} - 1 \text{ АТФ} =$

130 АТФ

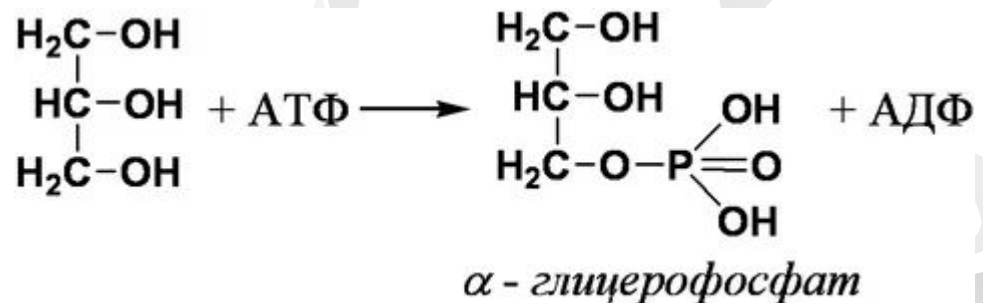
- Далее синтез триацилглицерина (триацилглицерола) приведен на слайде 24, аналогичные реакции см. учебник Ковалевской С. 219-220, их нужно написать самостоятельно.
- Промежуточное в-во – **фосфатидная кислота**, из нее можно синтезировать как жиры, так с фосфолипиды.
- Рассмотрим биосинтез жиров из глицерофосфата и ацил-КоА, он происходит ступенчато.

Биосинтез жиров (триацилглицеролов)

- 1. Активирование ВЖК (ацил-Коа-синтетаза) с образованием ацил-Коа (тратится АТФ)

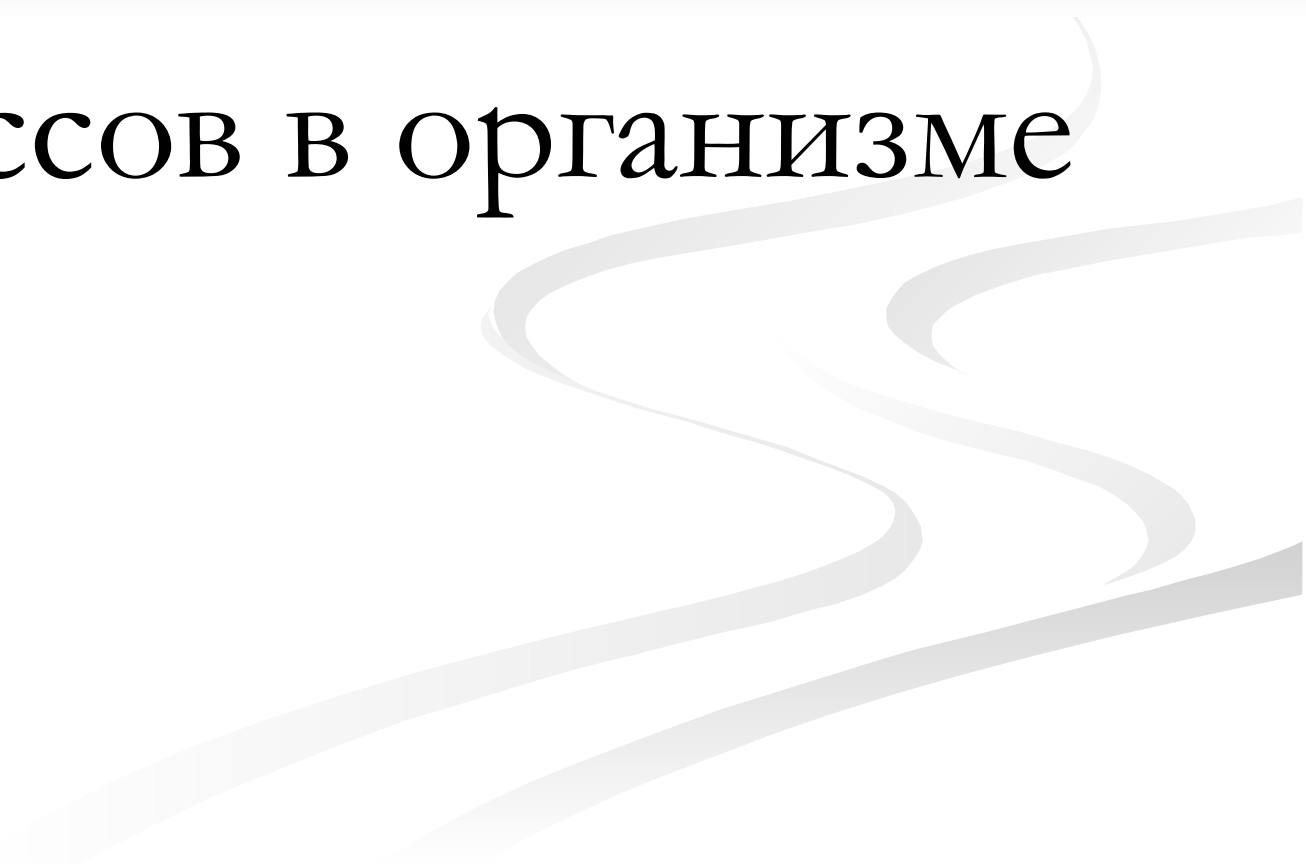


- 2. Активация глицерина в глицерофосфат (тратится АТФ)

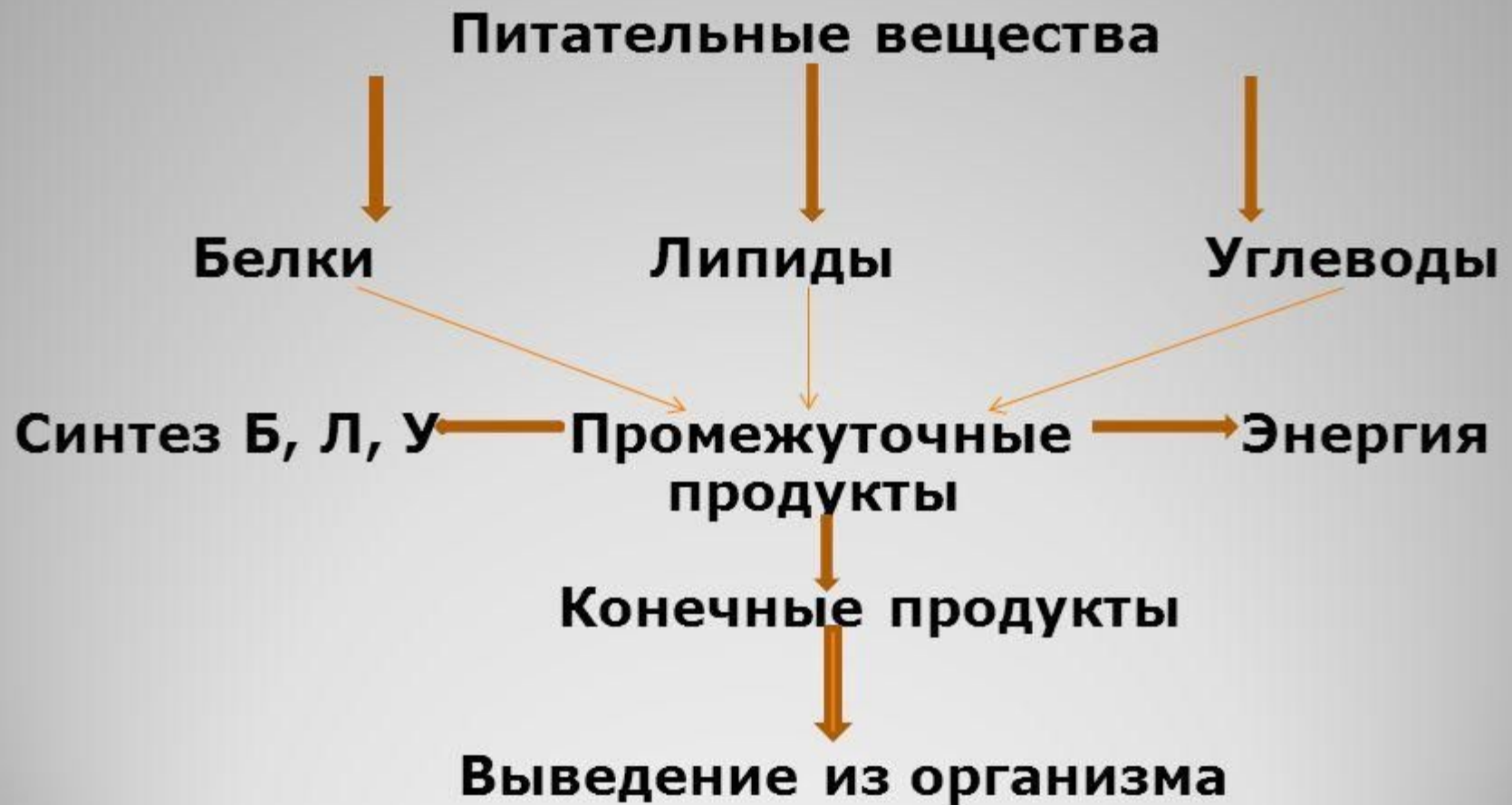


- Далее синтез ступенчато, через фосфатидную кислоту

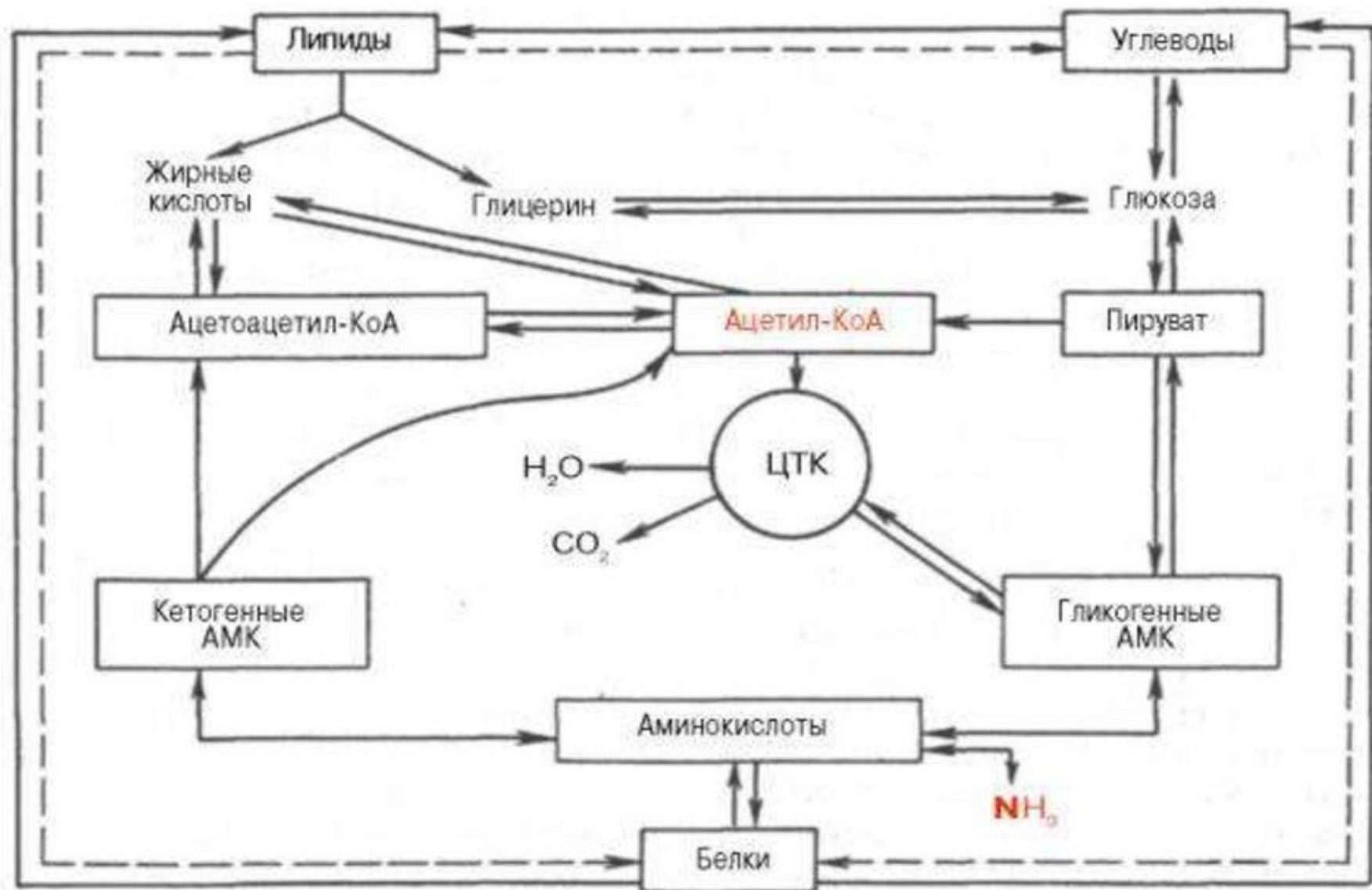
■ Взаимосвязь
метаболических
процессов в организме

The background of the slide features several thick, light gray wavy lines that flow from the bottom right towards the center, creating a sense of movement and depth.

Взаимосвязь обменов веществ



ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ



Белки, полипептиды, углеводы (крахмал, гликоген), липиды

