

Липиды.

Липиды – жиры и жироподобные вещества, являющиеся производными высших жирных кислот, высших жирных спиртов или высших жирных альдегидов. Как правило, это низкомолекулярные жирорастворимые органические вещества, которые извлекаются из клеток животных, растений и микроорганизмов неполярными растворителями.

Основные биологические функции липидов:

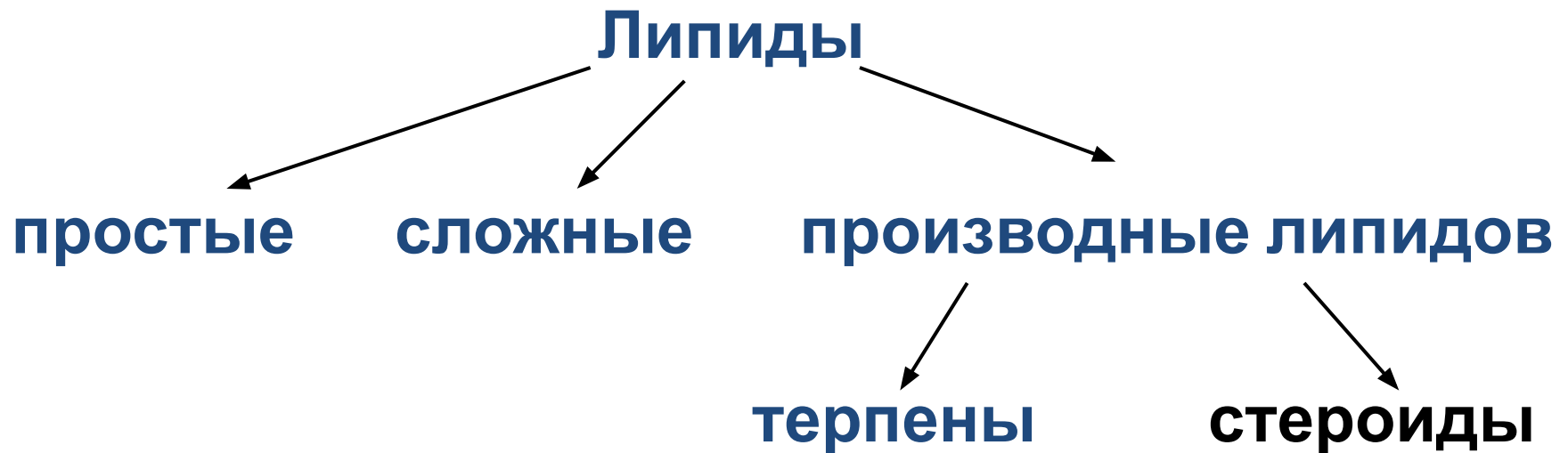
- главные компоненты биологических мембран;**
- запасной, изолирующий и защищающий органы материал;**
- наиболее калорийная часть пищи;**
- важная составная часть диеты человека и животных;**
- транспорт некоторых витаминов внутри организма;**
- регуляторы транспорта воды и солей;**
- иммуномодуляторы; регуляторы активности некоторых ферментов;**
- эндогормоны;**
- передатчики биологических сигналов.**

Липиды

Подвергаются гидролизу
омыляемые

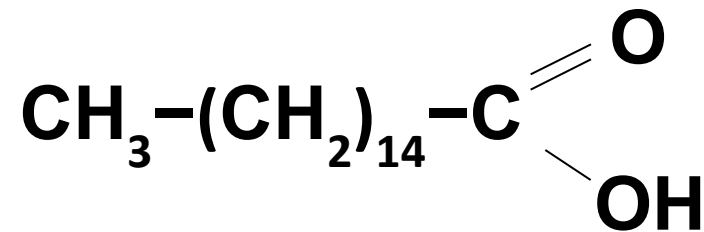
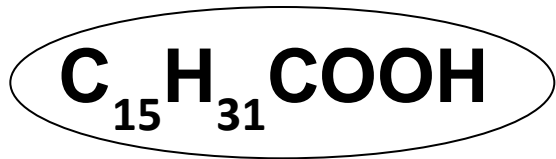
Не гидролизуются
неомыляемые

По своей структуре липиды классифицируют на:

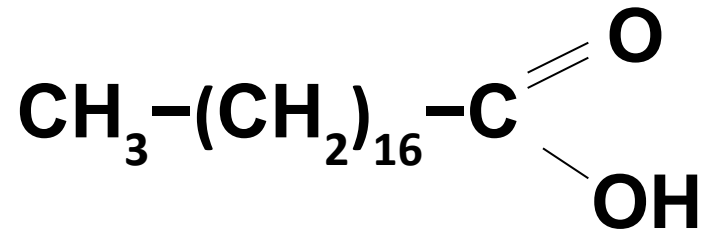


Насыщенные кислоты

Пальмитиновая:

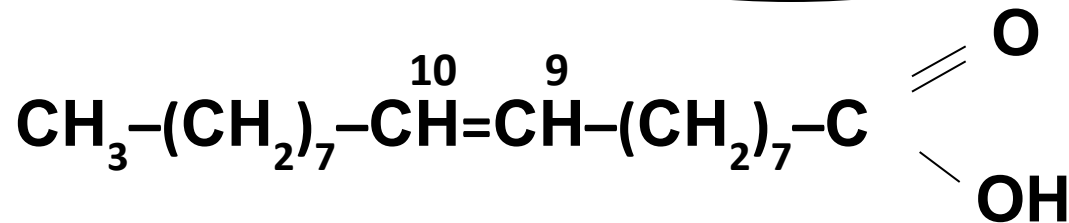


Стеариновая:

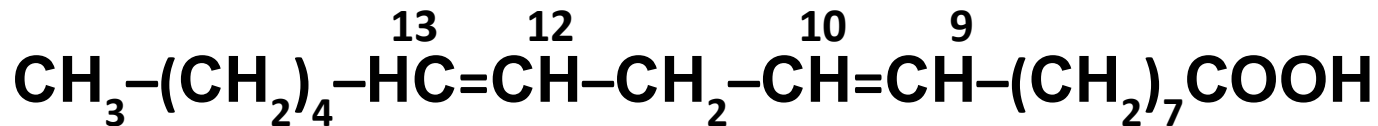


Ненасыщенные кислоты

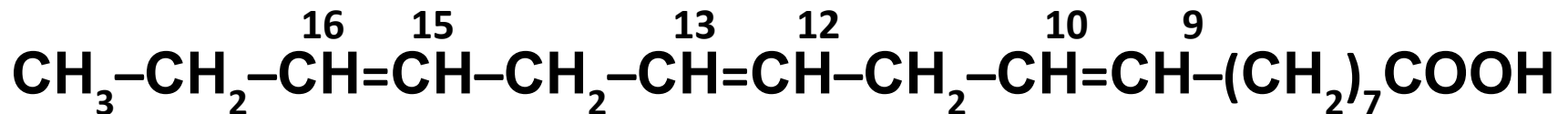
Олеиновая:



Линолевая:



Линоленовая:

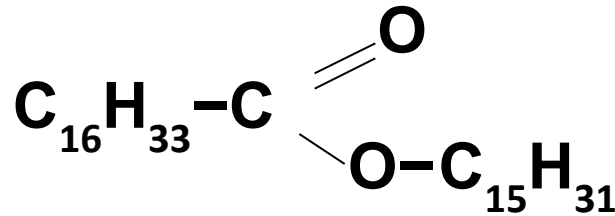


Арахидоновая:

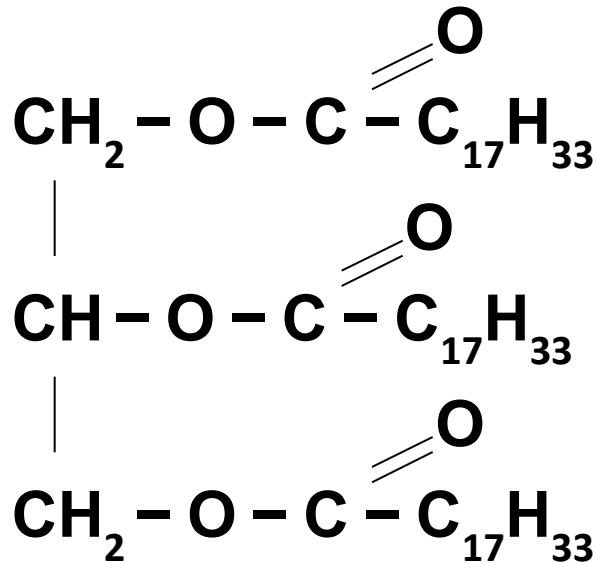


Строение простых липидов

Цетиловый эфир пальмитиновой кислоты:



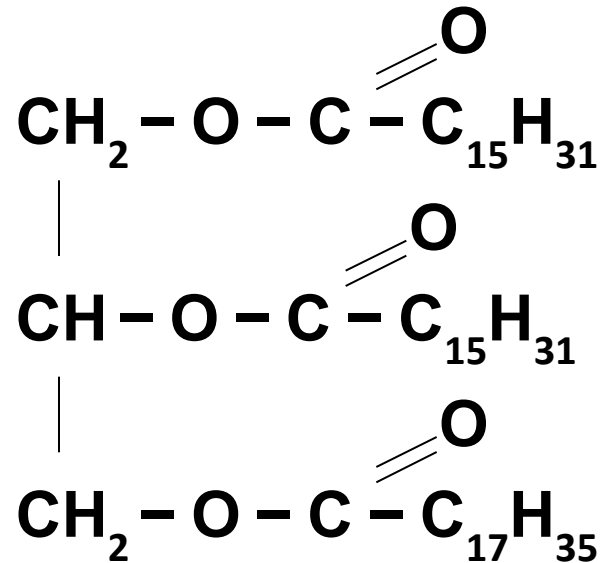
Простой триацилглицерин:



триолеин

Это масло, жидкая консистенция –
остатки только одной ненасыщенной
олеиновой кислоты

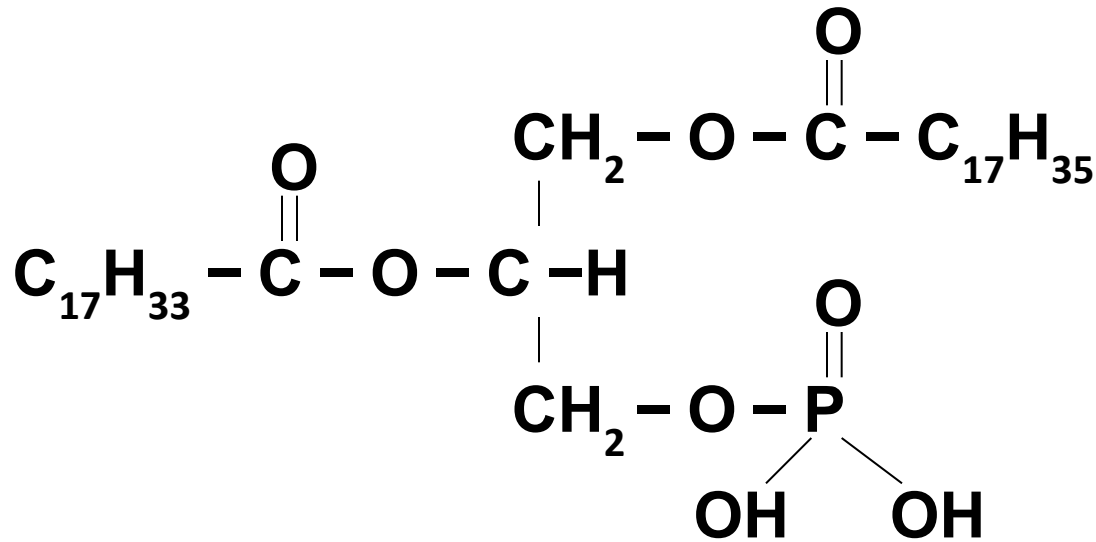
Смешанный триацилглицерин:



дипальмитостеарин

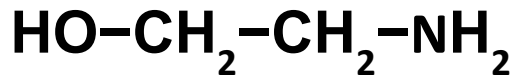
Это жир, твердая консистенция –
остатки насыщенных кислот

Сложные липиды

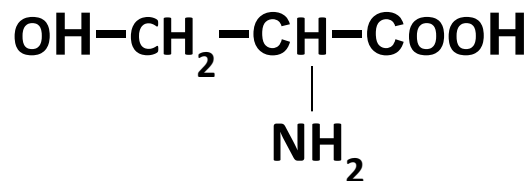


L-фосфатидная кислота

В состав фосфолипидов входят:



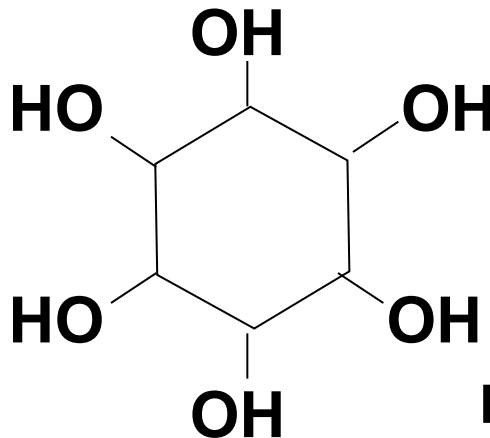
Коламин (этаноламин)



Серин

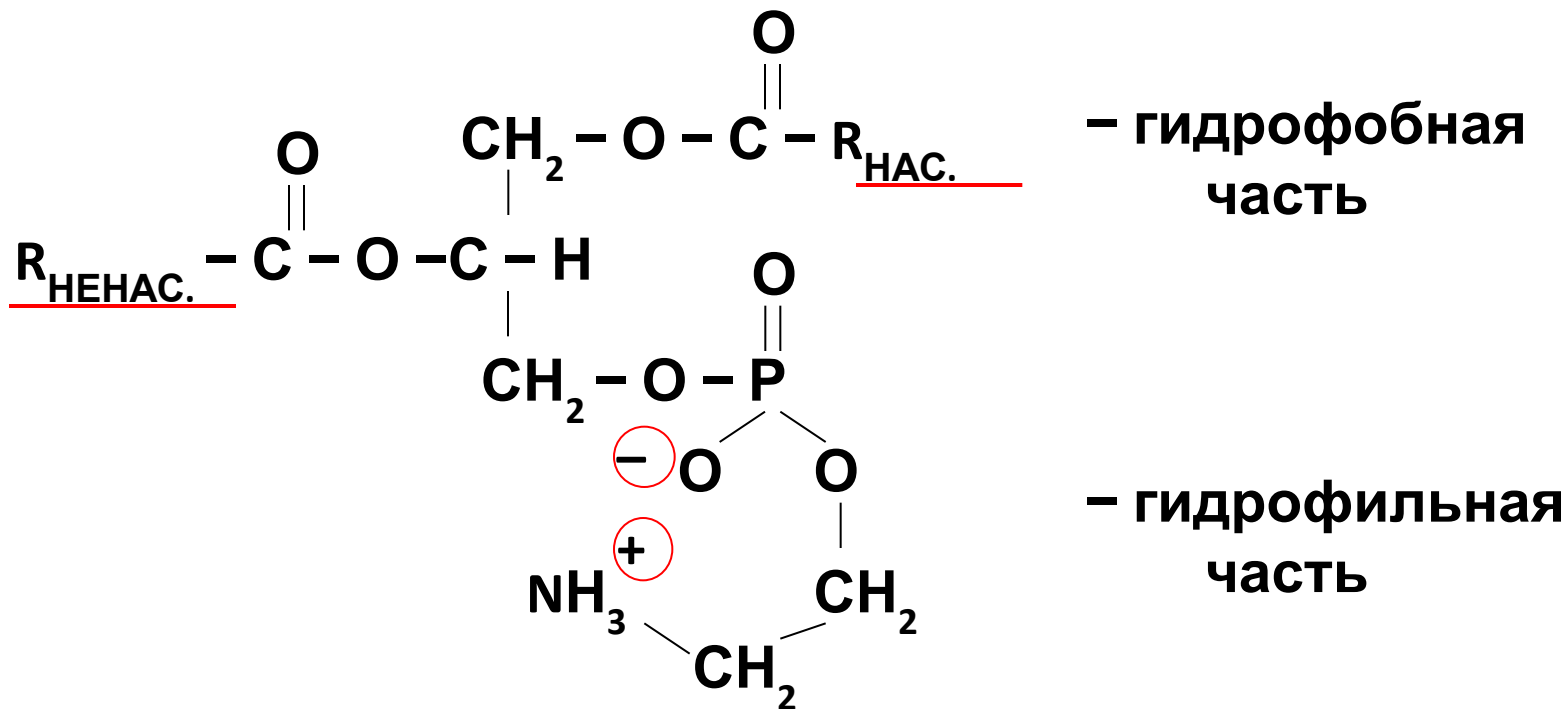


Холин

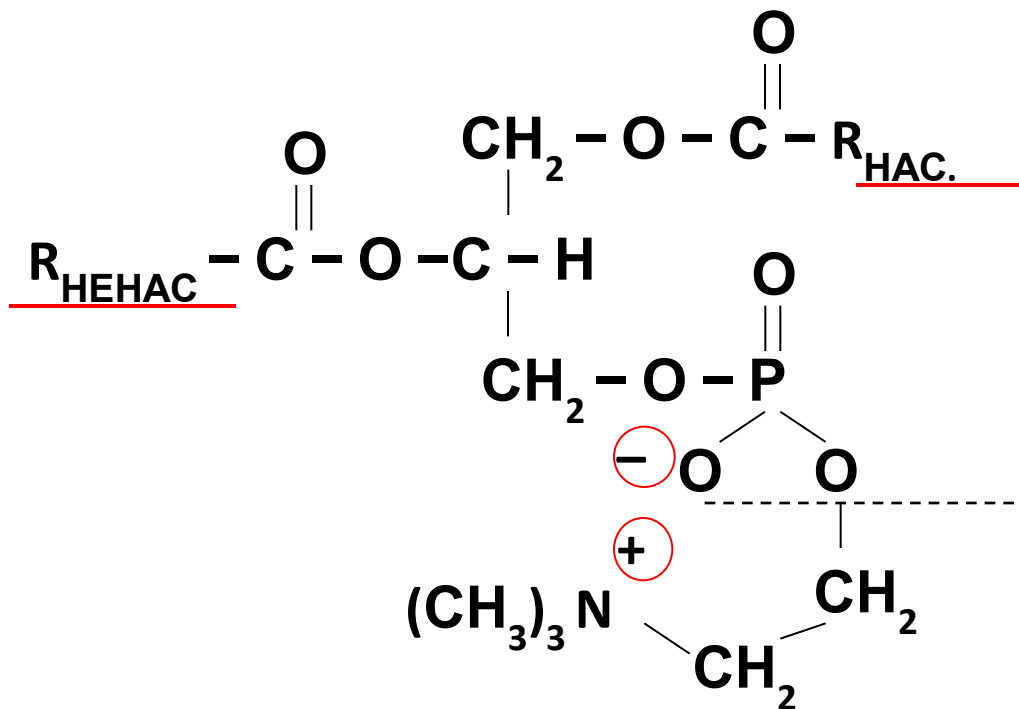


Инозит

Фосфатидилэтаноламин (коламинкефалин):

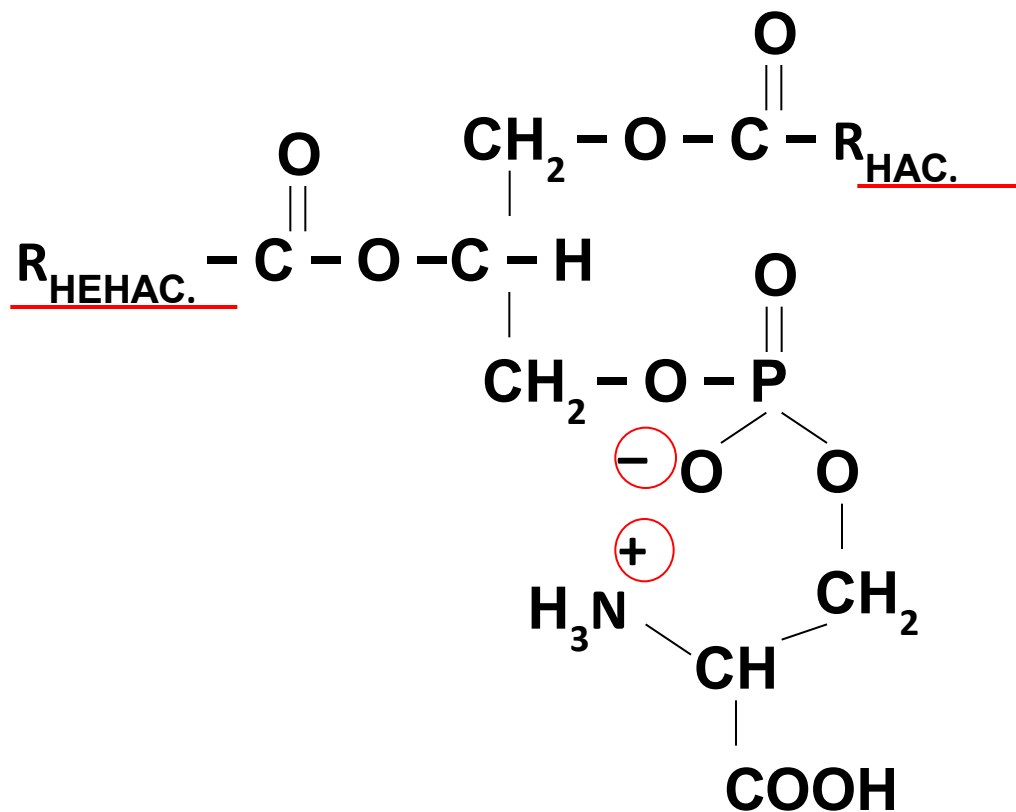


Фосфатидилхолин (лецитин):



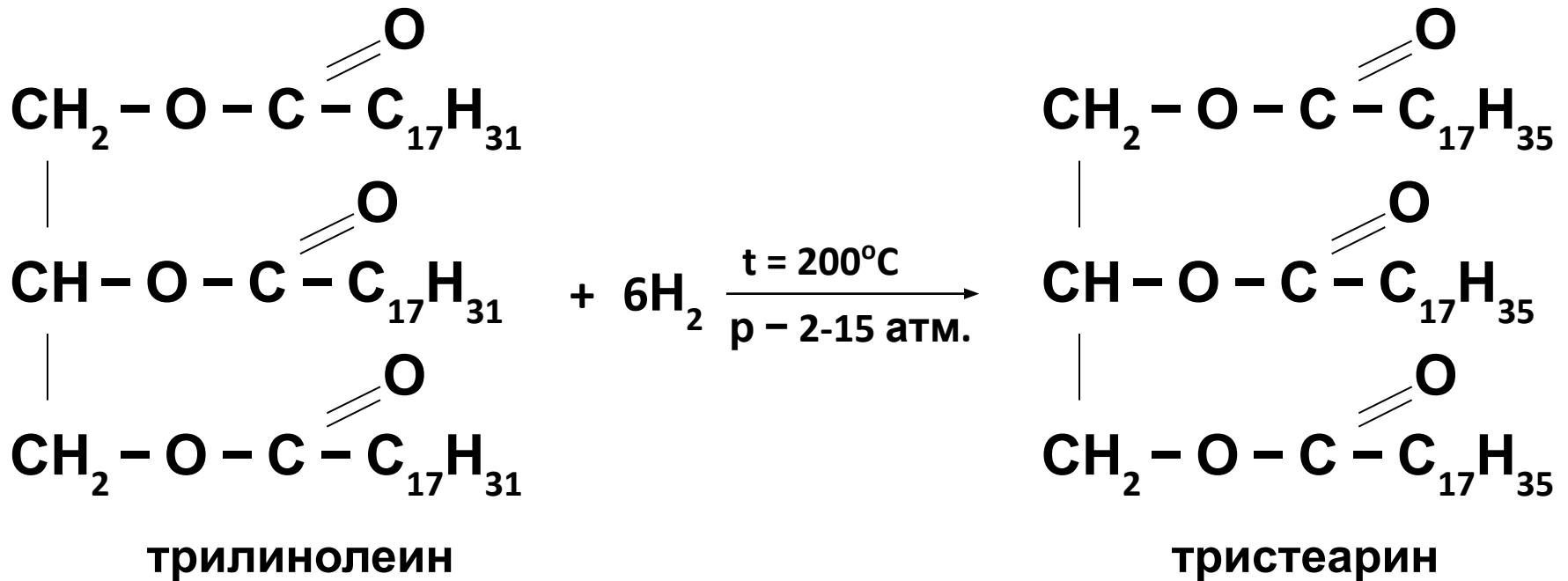
Здесь водород уходит в раствор, а не присоединяется к аминогруппе, как у фосфатидиламиноэтанола

Фосфатидилсерин (серинкефалин):

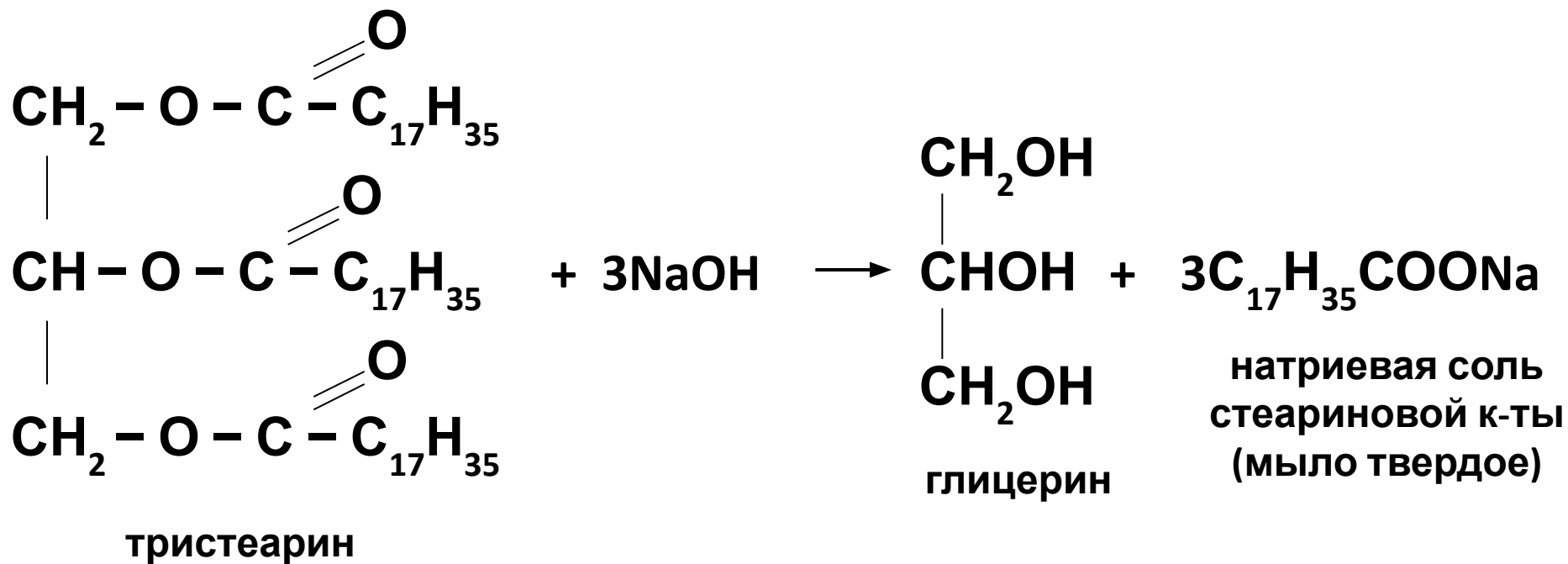


Свойства омыляемых липидов

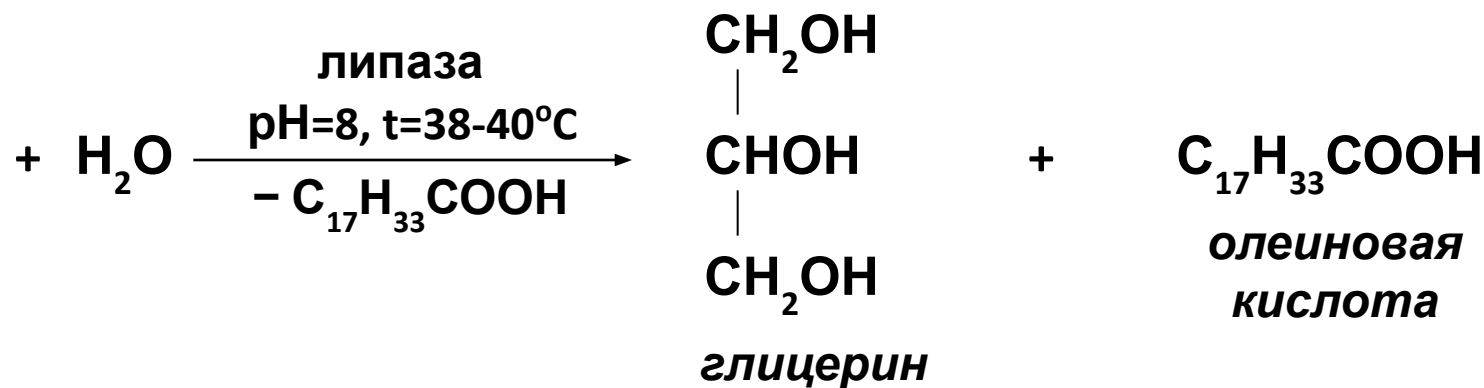
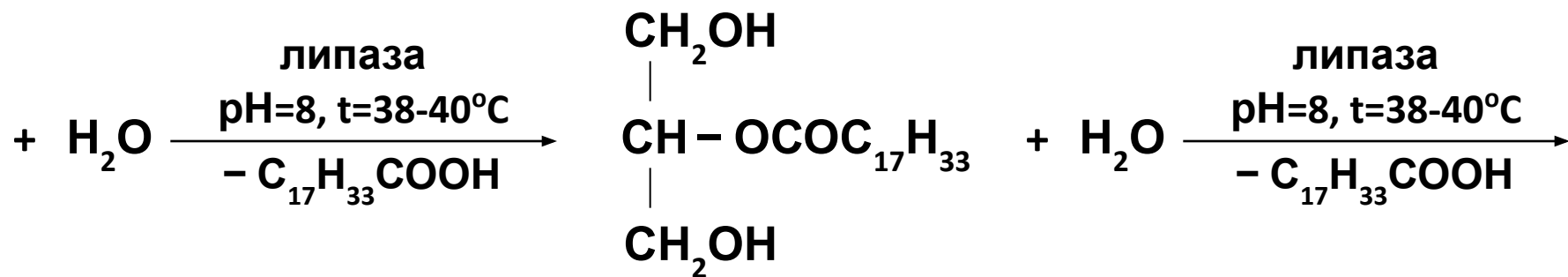
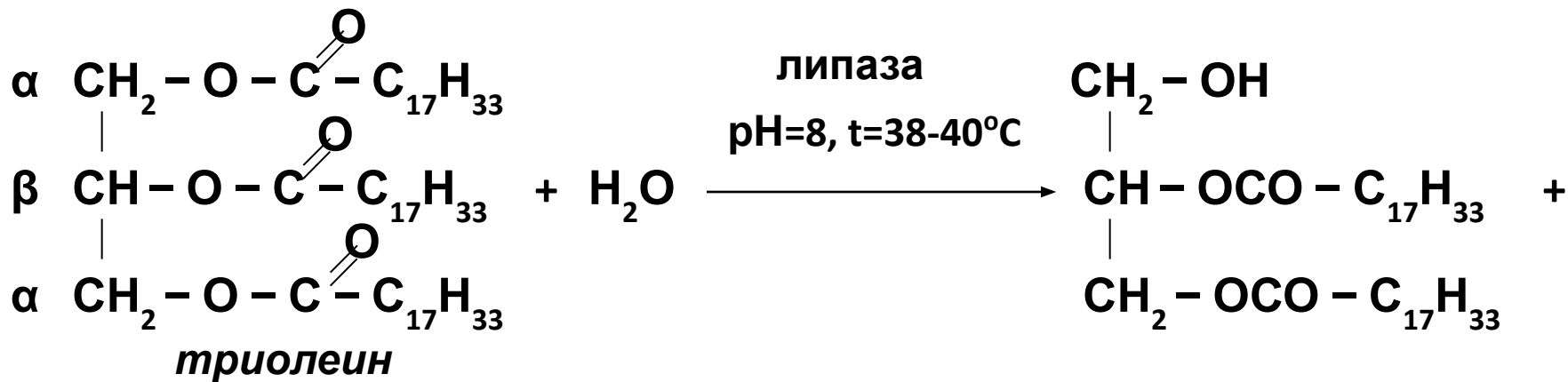
1. Реакции присоединения.



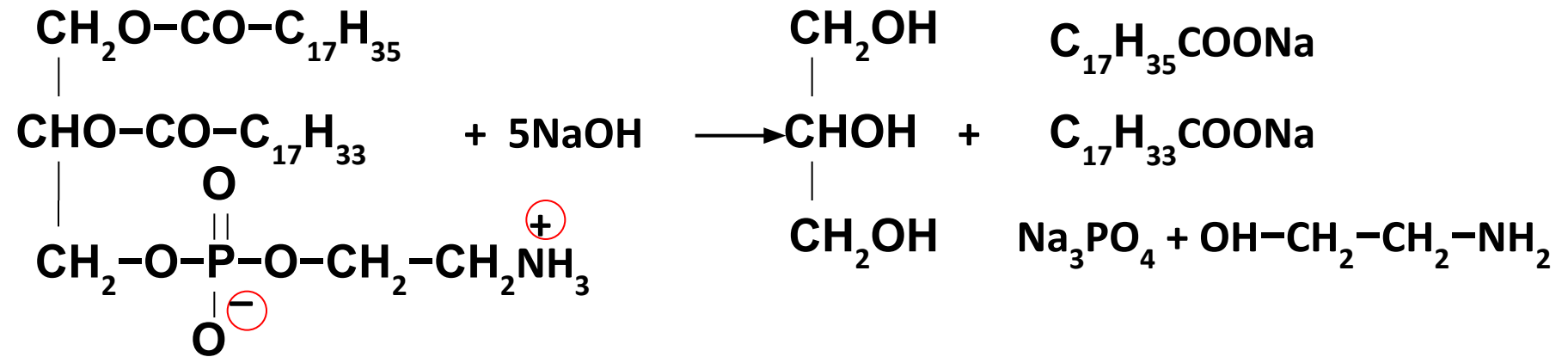
2. Реакции гидролиза – гидролиз щелочной (омыление).



3. Ферментативный гидролиз простых липидов.

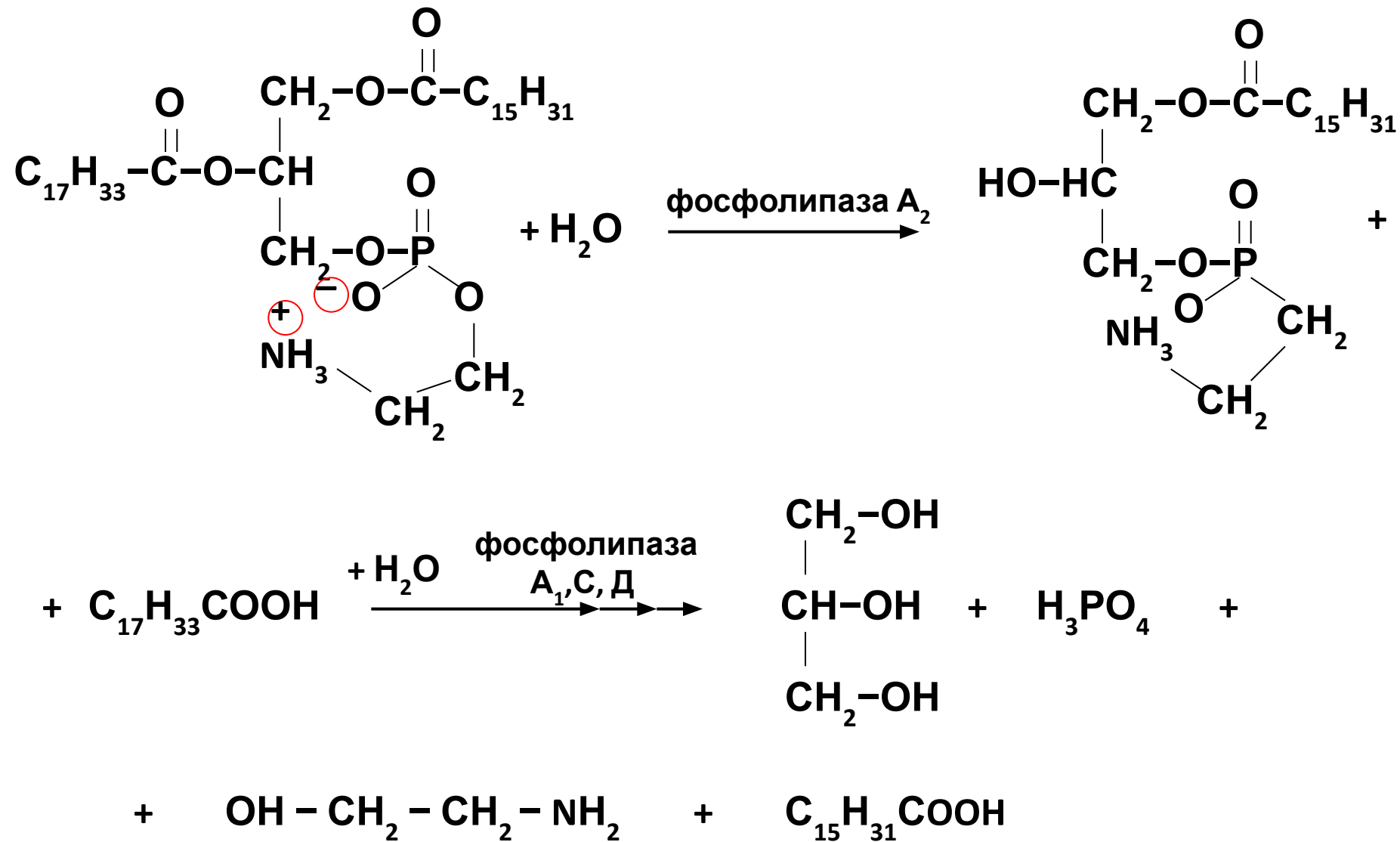


Гидролиз сложных липидов in vitro.

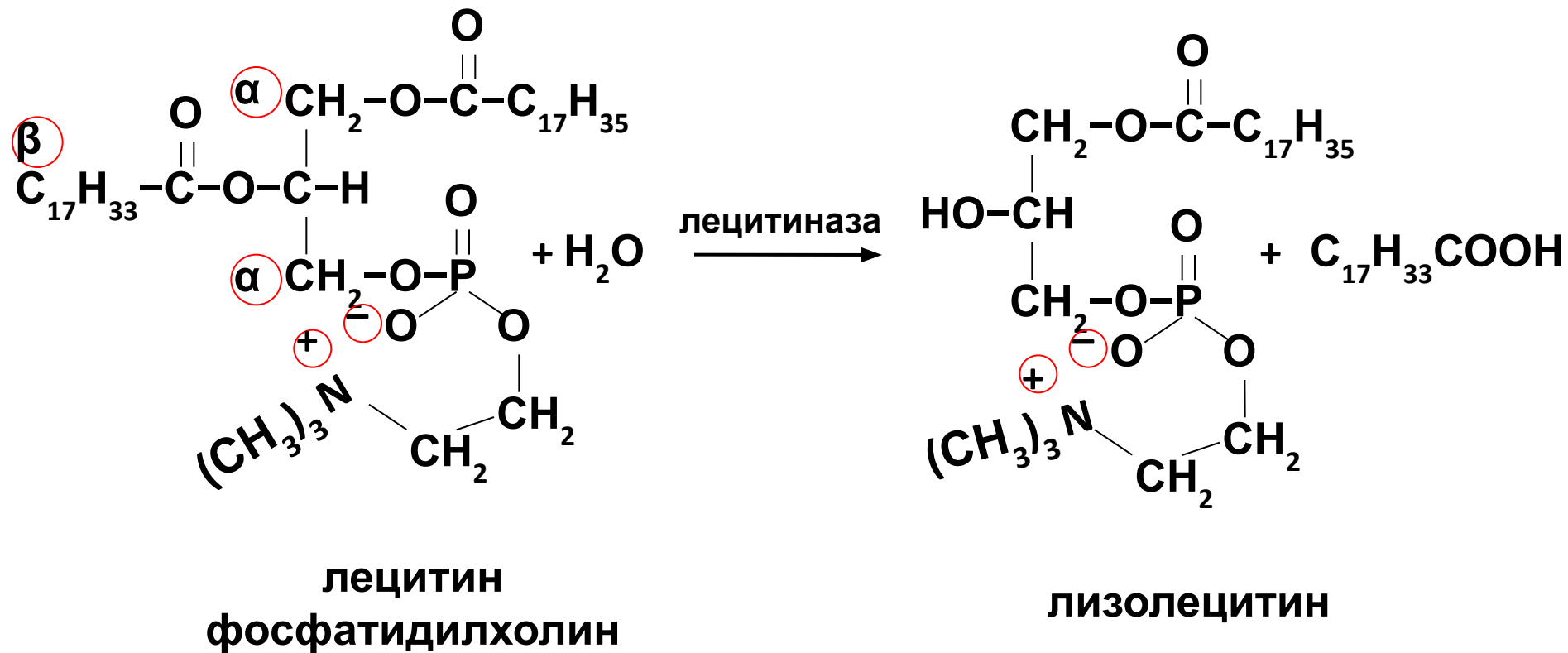


фосфатидилэтаноламин

Ферментативный гидролиз сложных липидов in vivo.



Ферментативный гидролиз сложных липидов *in vivo*.



Мембранные липиды (классификация)

фосфолипиды

гликолипиды

глицерофосфолипи
ды

сфинголипид
ы

сфинголипид
ы

галактолипид
ы

Ж. к-та

Ж. к-та

PO4

спирт

сфингозин

Ж. к-та

PO4

холин

сфингозин

Ж. к-та

Моно- или
(олигосахар

иды

Ж. к-та

Ж. к-та

Моно-или
(дисахарид

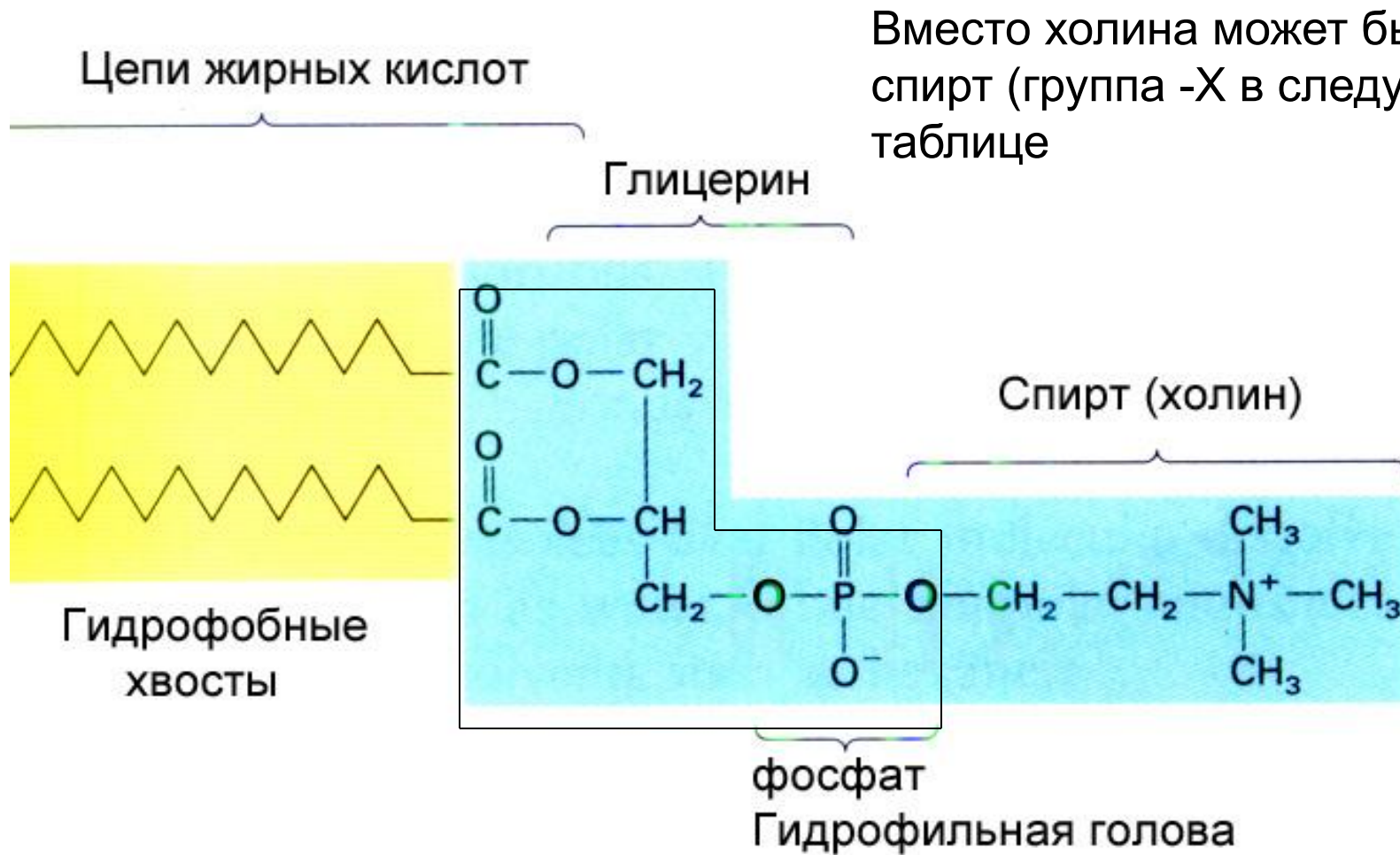
ы

SO4

глицерин

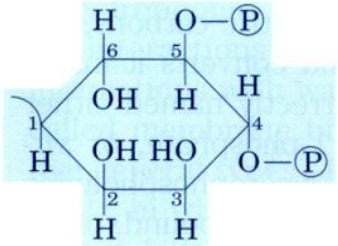
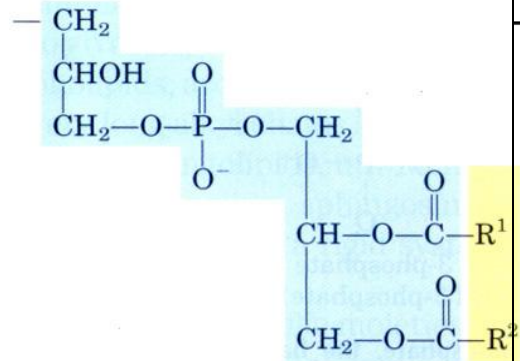
глицерин

Структура фосфатидилхолина

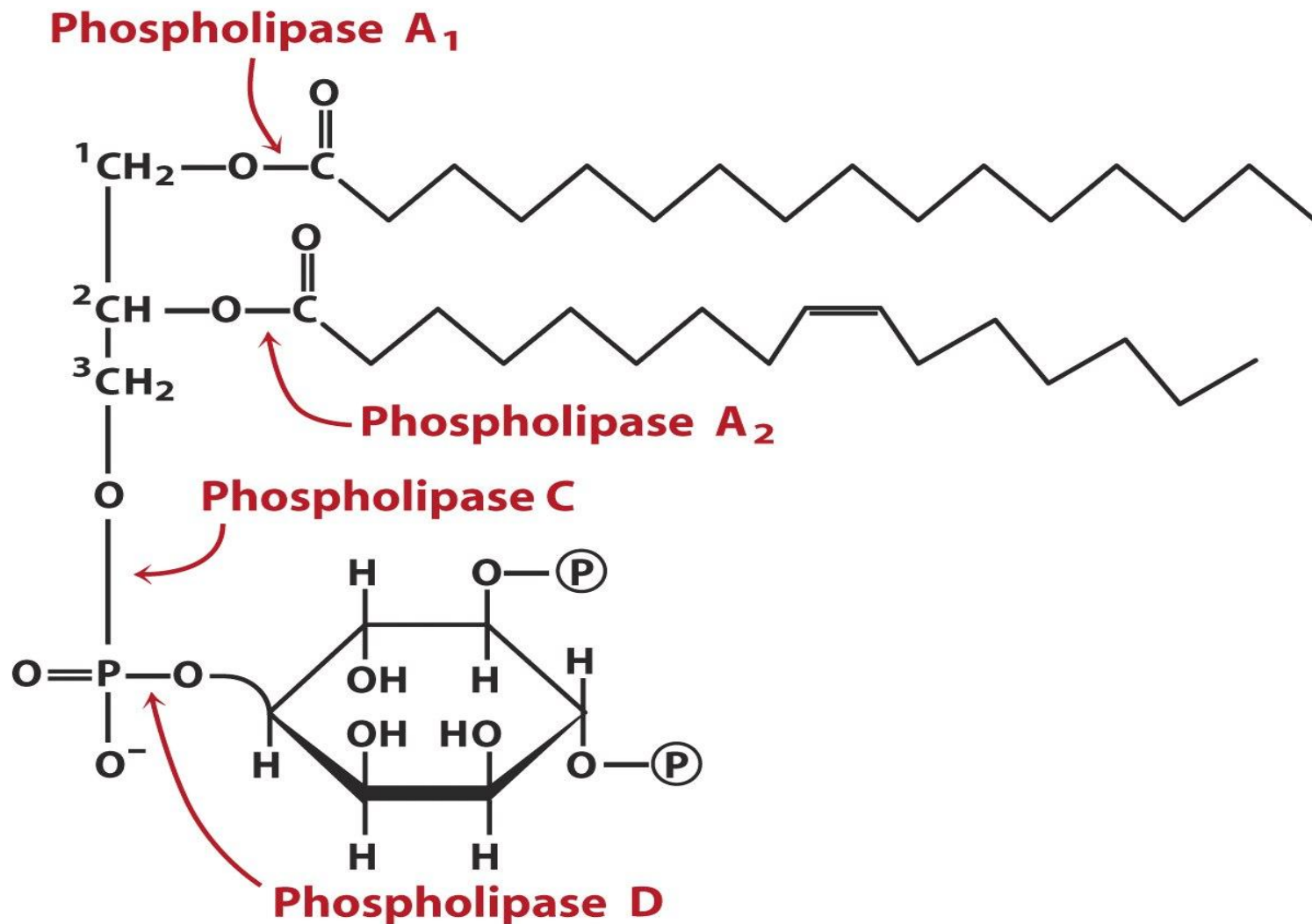


Вместо холина может быть другой спирт (группа -X в следующей таблице)

ФОСФАТИДИЛХОЛИН

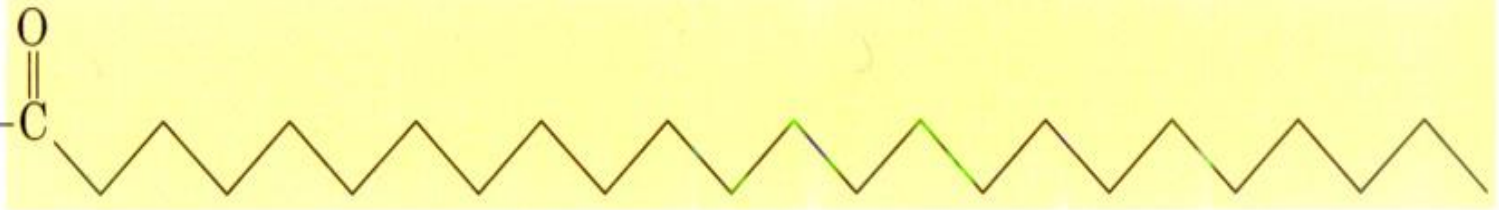
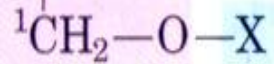
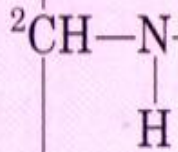
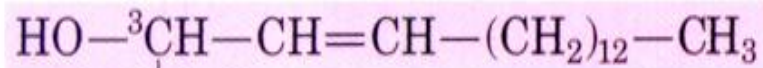
Название	-X	Формула -X	Заряд
Фосфатидная к-та		$-\text{H}$	-1
Фосфатидилэтаноламин	этаноламин	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3$	0
Фосфатидилхолин	холин	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$	0
Фосфатидилсерин	серин	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COO}^-}{\text{CH}}-\overset{+}{\text{N}}\text{H}_3$	-1
Фосфатидилглицерин	глицерин	$-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH}$	-1
Фосфатидилинозитол-4,5-бисфосфат	<i>МИО</i> -инозитол-4,5-бисфосфат		-4
Кардиолипин	Фосфатидилглицерин		-2

Действие фосфолипаз на молекулу фосфолипида



Структура сфинголипидов

Сфингозин – аминспирт, содержащий 18 атомов С

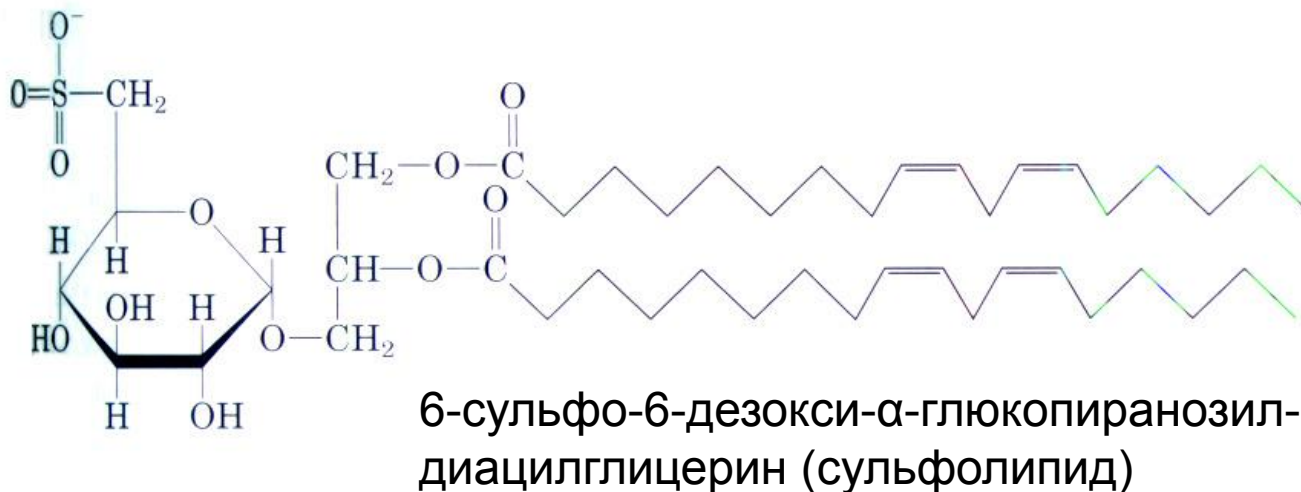


Жирная кислота

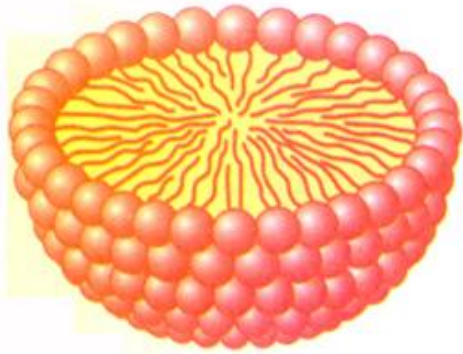
X – H, фосфохолин или сахара

Галакто- и сульфолипиды

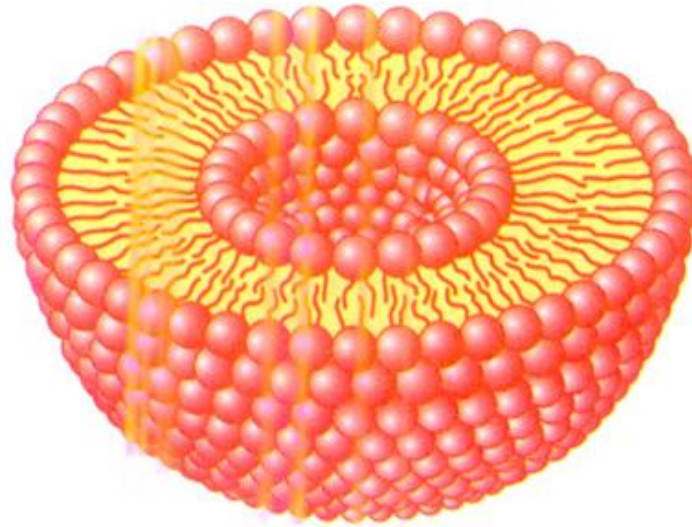
Встречаются главным образом у растений



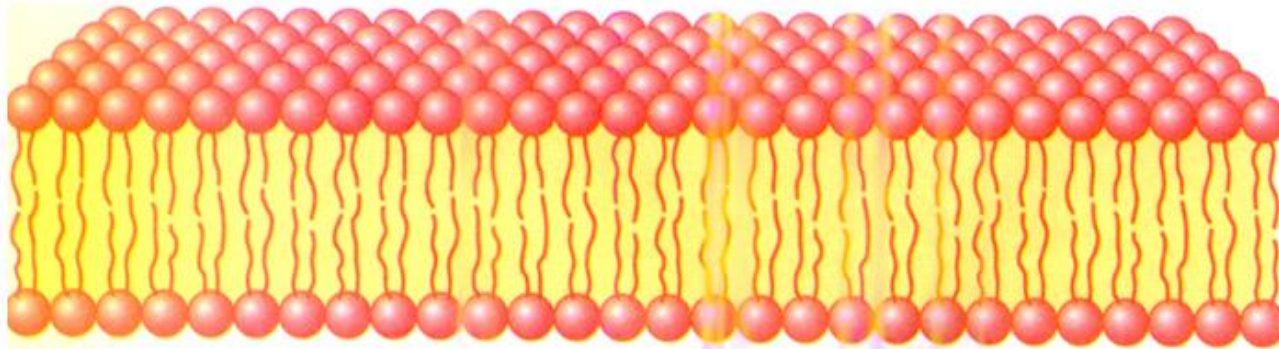
Липидные бислои



Мицелла



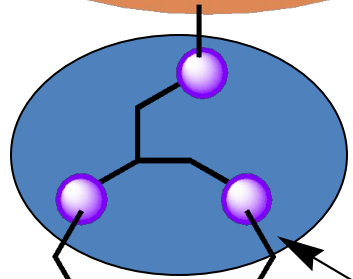
Липосома



Липидный бислой

Первичная классификация липидов биологических мембран

Гидрофильная полярная головка



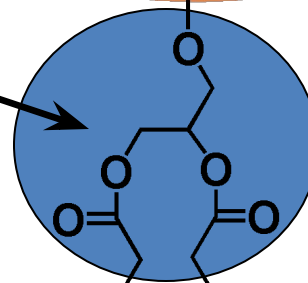
соединительное звено (определяющий признак)

остатки олеиновой C_{18} и пальмитиновой C_{16} кислот

гидрофобные хвосты

Общее

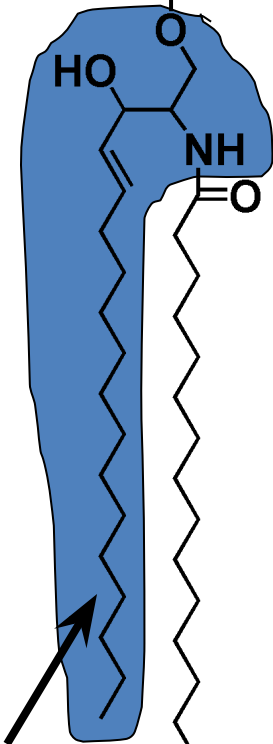
Гидрофильная полярная головка



остаток глицерина

глицеролипиды (глицериды или ацилглицерины)

Гидрофильная полярная головка

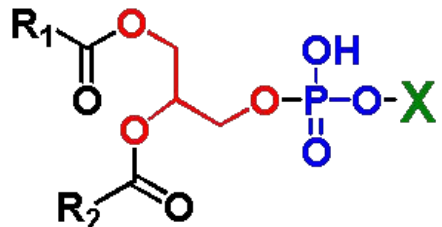


сфинганин или сфингазин

сфинголипиды

Фосфолипиды

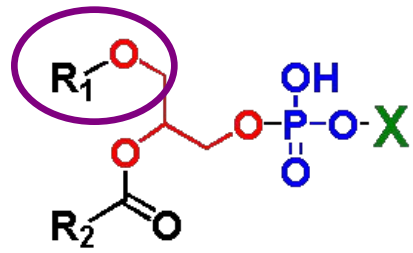
Äèàöèëüí û ä
 ãèöäöî ó î ñô î èèì èäü



ô î ñô àèäèè

(í áÿçàöèüí û é
 èì ì î í áí ò áí èüø èì ñòää
 ì àí áöáí æèáí öí û ö,
 öáñöèöèüí û ö è
 áàèöäèèèüí û ö èèäöì è)

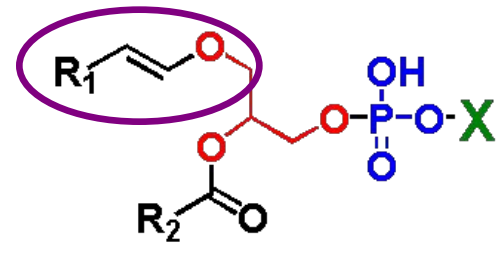
Äèèèäöèëüí û ä
 ãèöäöî ó î ñô î èèì èäü



ï èàçì áí èè

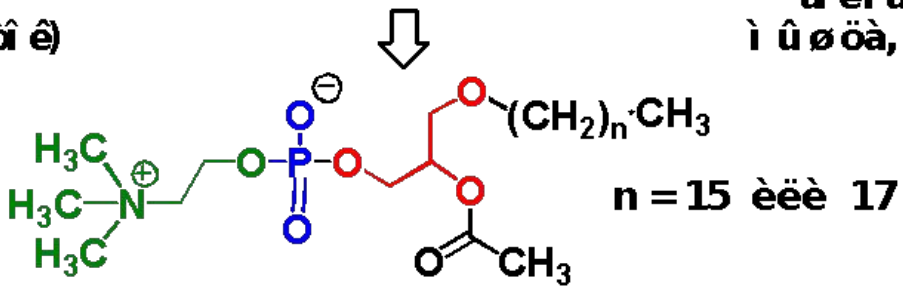
(-áñöì áñöä-áàöñÿ á öèáí ÿö
 æèáí öí û ö î öááí èçì í á ì î öáé
 è í èááí í á)

Ï èàçì àèì äáí û



ï èàçì áí èè

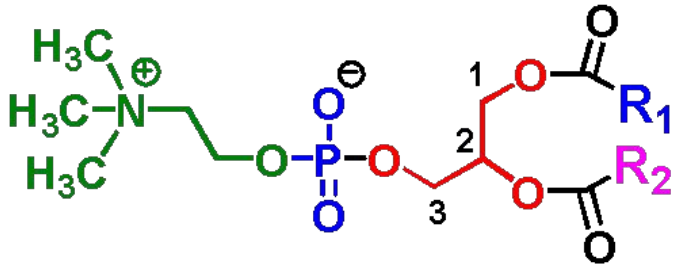
(áí 22% î òí áú äáí èì èè-áñöää
 ô î ñô î èèì èáí á; á í öááí èçì á
 -áèì áàèà - í áöáí û ä öèáí è,
 ä èì áí í é ì î çä, ñöäá-í àÿ
 ì û ø öà, í äááí í -á-í èèè, ñí äöì à)



Ööì ì áí öèöèèèèèöör ù èé ô àèöì ö

(â èì í öáí öäöèÿö <1 í áí ì î èü èçì áí ÿàò ì î öó î èì æp ööì ì áí öèöì á, áú çú áààò èö
 ääöäöèp è ì öèáí àèò é áú ñáí áí æááí èp 5-æäöì èñèöèèì çàì èí à; ó-áñöäöäò á öàçèèèèè
 öÿää ì ñöü ö æèäöäè-áñèèö è áí ñí àèèöèèüí û ö öáàèöèé ó æèáí öí û ö è -áèì áàèà)

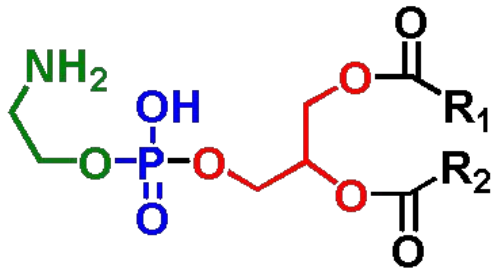
Фосфолипиды



R_1CO , R_2CO - преимущественно C_{16} - и C_{18} -кислоты, причем R_1 - насыщенные, а R_2 - ненасыщенные.

Они составляют

50% от общего количества липидов в мембранах животных клеток. В мембранах растений и грибов они составляют 10-20%.

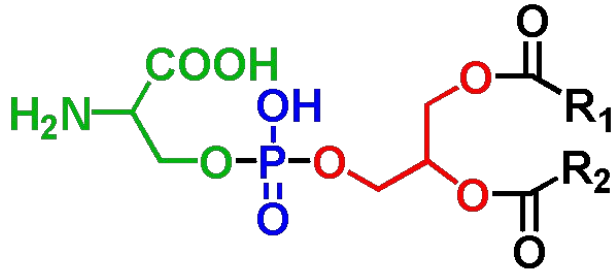


они составляют 15-30% от общего количества липидов в мембранах животных клеток.

Они составляют

В мембранах растений и грибов они составляют 10-20% от общего количества липидов. В мембранах животных клеток они составляют 15-30%.

Фосфолипиды

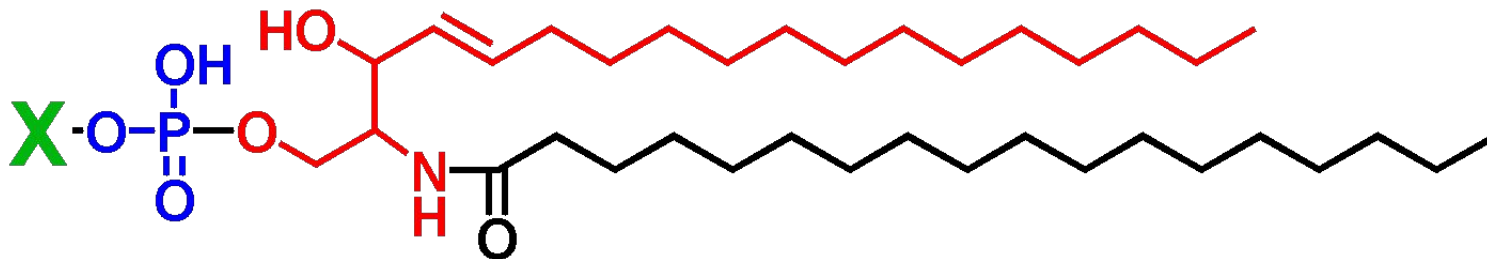


Аи 10-15% î ò î áù áã ě ěè÷ãñòâà
 ô î ñô î ěèî ěäî â â òèáí ŷõ ì ěäěî ěòâð -
 ù ěõñŷ. Ěî ěàěěçàöěŷ: ì î çã, ñãðãöã,
 î á÷áí ù, î î ÷ěě, ñãěãç, í ěà, ě, ãěěã.

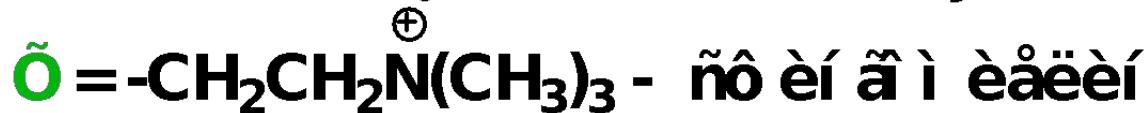
Ôî ñô àòěäěěñãðěí û

Âû ñòîí àãò ðããðěŷõî ðî ì àěěěáí î ñòě ðŷãã ì àì áðáí î ñãŷçáí í û õ
 ô áðì áí õî â; ŷãěŷãòñŷ î ðããø ãñòãáí í ěěî ì î ðě áěî ñěí òãçã
 ô î ñô àòěäěěŷòáí î ěàì ěì î â.

Ñô ěí ã ô î ñô î ěěî ěäû .



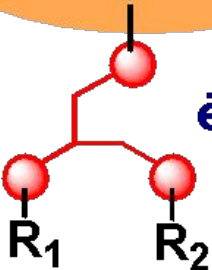
(ñěî æ û ě ŷô ěð ô î ñô î ðí î ě ěěñěî òû ě
 ñô ěí ã çěí î âî ã î ñí î âáí ěŷ)



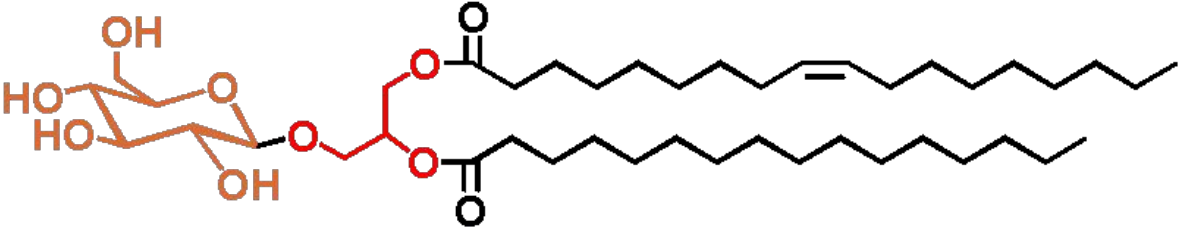
Фосфолипиды

Азотистые фосфолипиды.

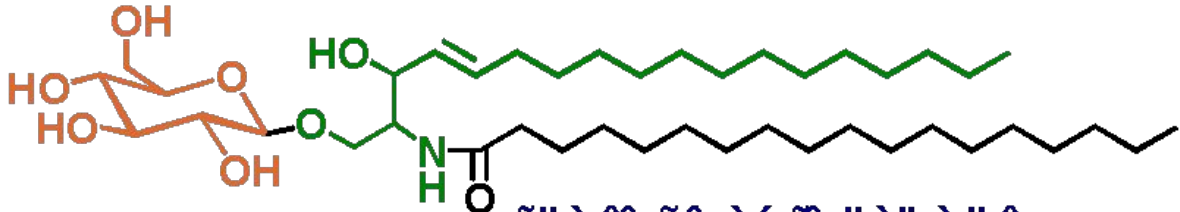
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(\text{O})(\text{O}^-)_2$
 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(\text{O})(\text{O}^-)_2$



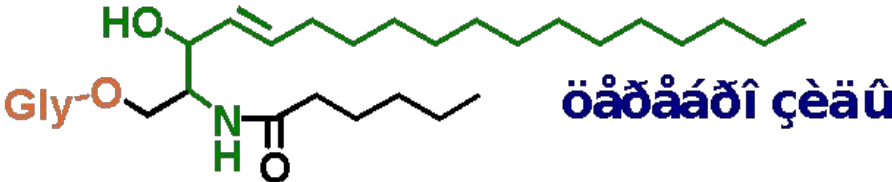
этерификация



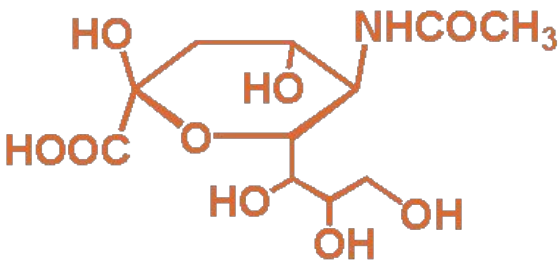
фосфатидилхолин



фосфатидилэтаноламин

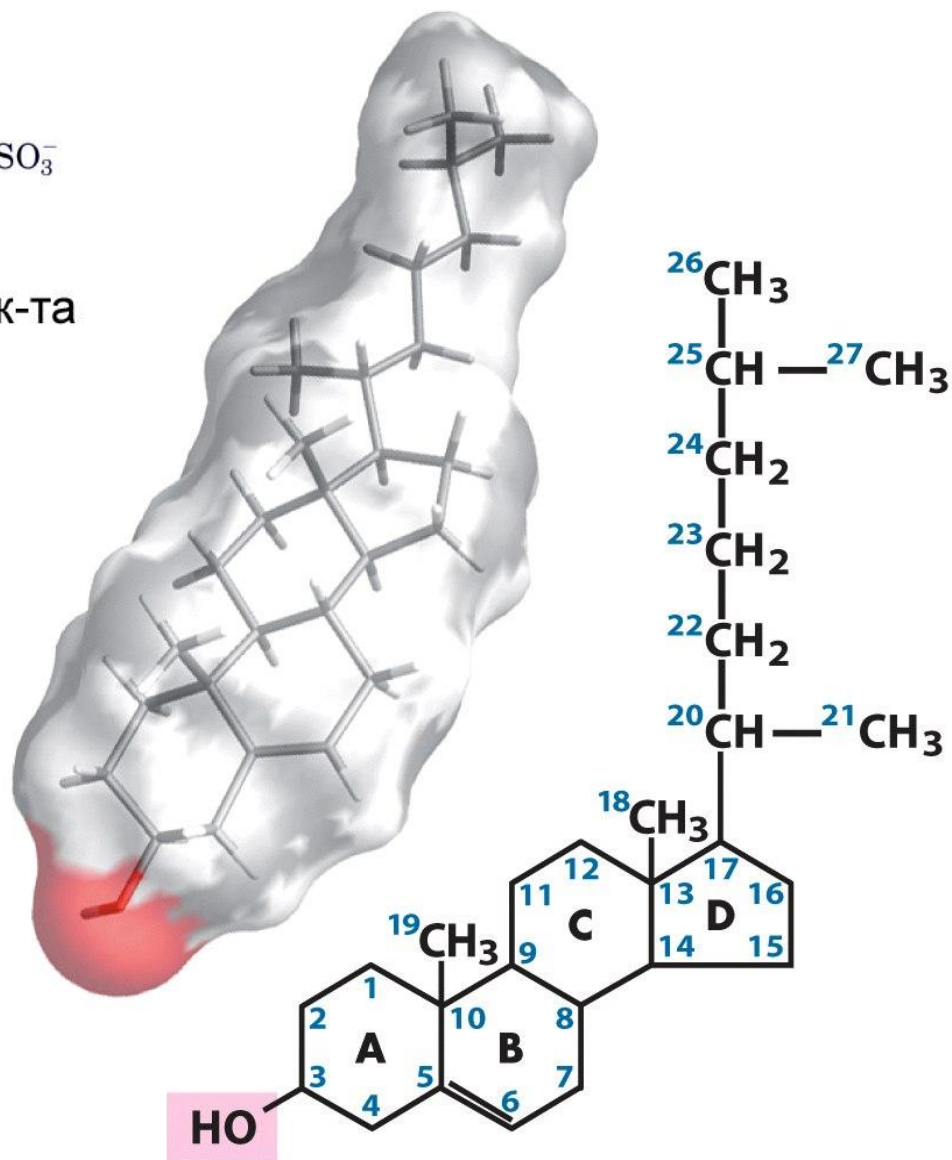
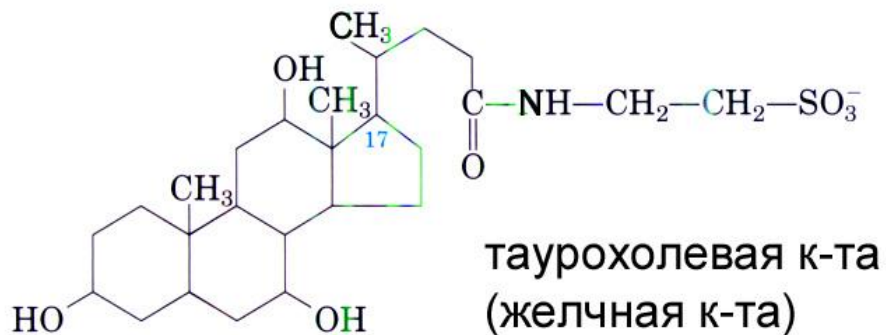


фосфатидилсерин

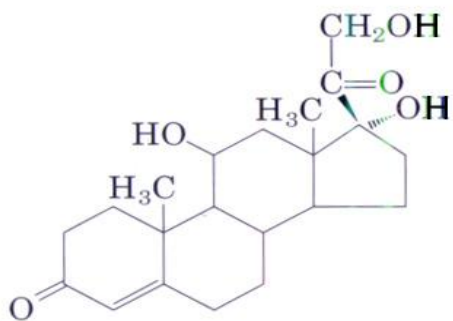


Сфинголипиды
 (N-ацетилсфингозин-1-фосфат),
 сфингозин-1-фосфат

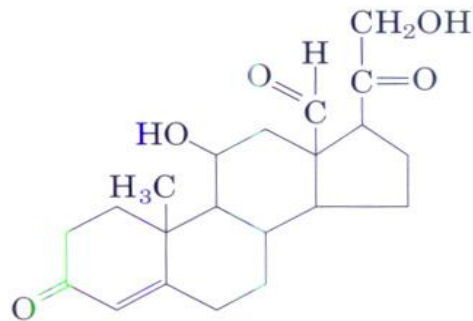
Холестерин и его производные



Стероидные гормоны

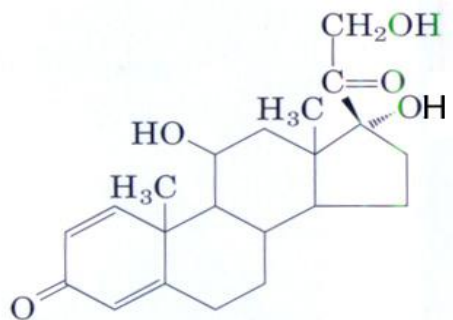


Кортизол

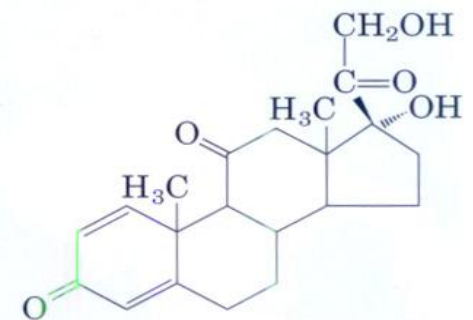


Альдостерон

Гормоны коры
надпочечников



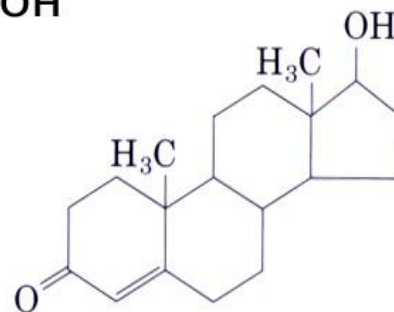
Преднизолон



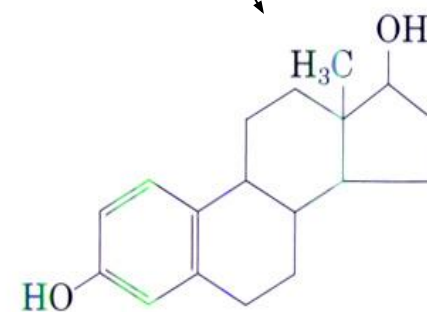
Преднизон

Синтетические
противовоспалительные
стероиды

Половые гормоны

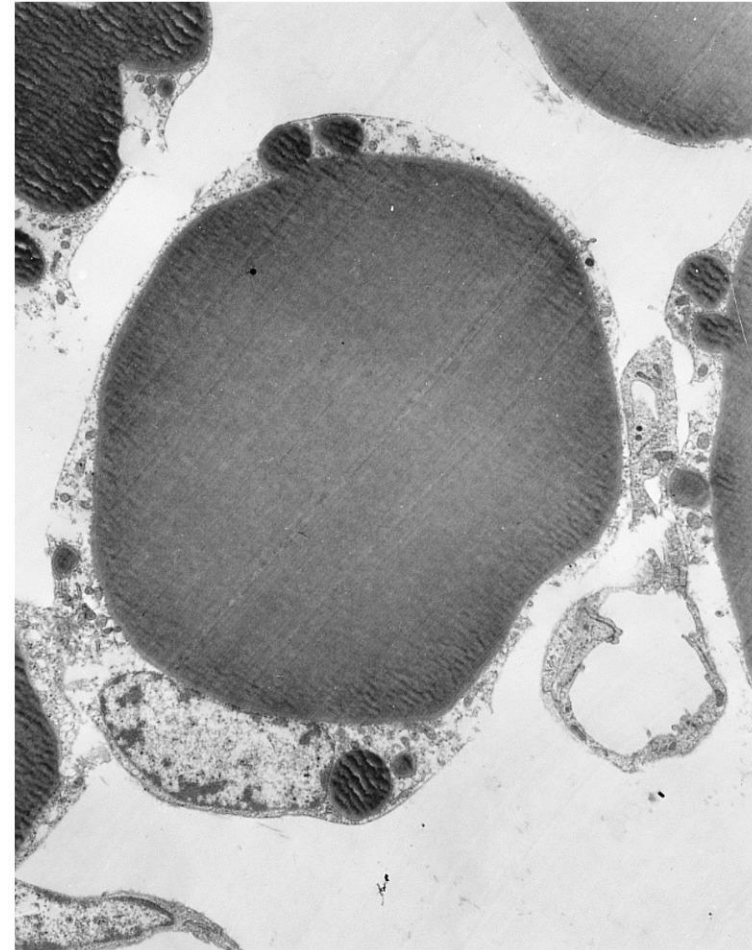


Тестостерон



Эстрадиол

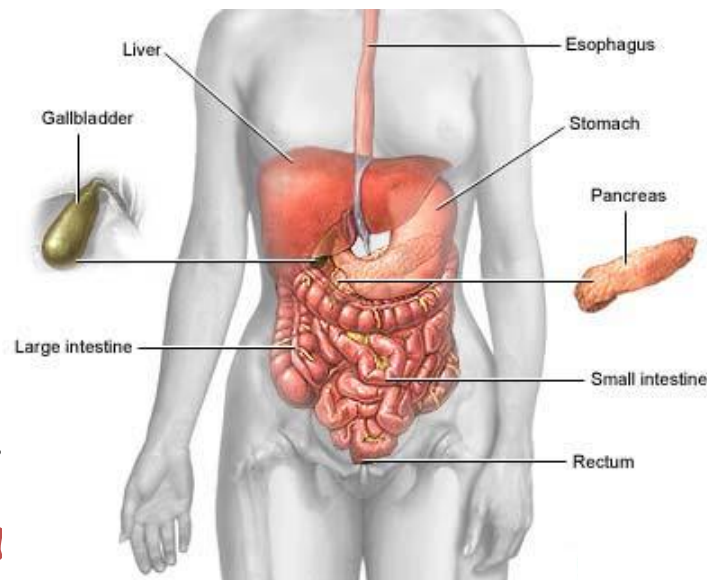
- Жирные кислоты и глицерол - используются как топливо организмом человека.
- Жирные кислоты (ЖК) и глицерол для метаболических потребностей образуются с триацилглицеролов:
 - (1) пищи
 - (2) сохраненных в адипоцитах



Перетравливание липидов

Пищевые липиды:

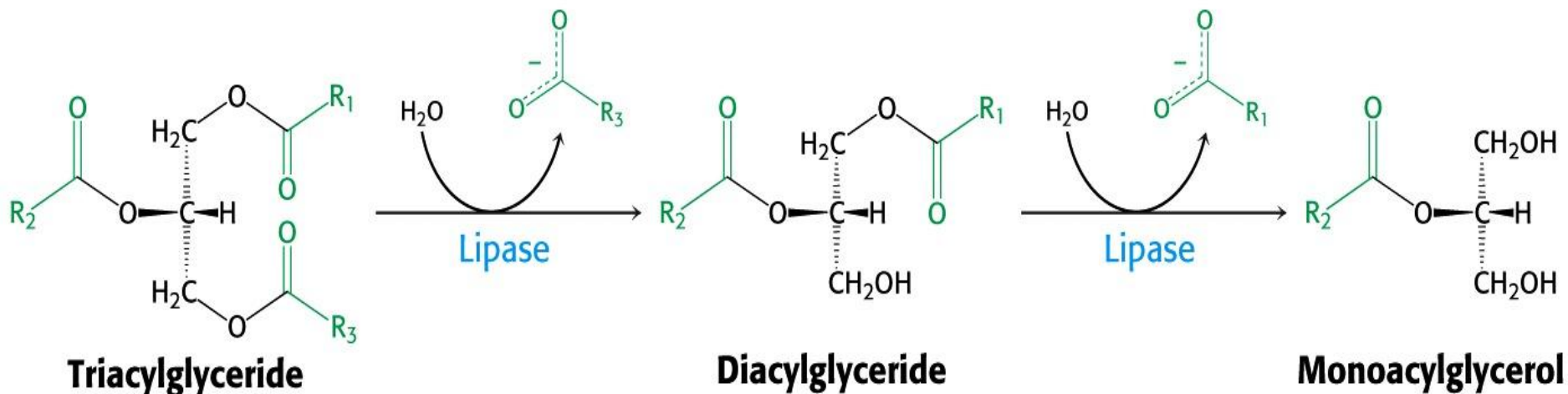
- **триацилглицероли (ТАГ)**
- **фосфолипиды**
- **холестерол**



Перетравливание - в тонк.кише

Фермент - панкреатическая **липа**

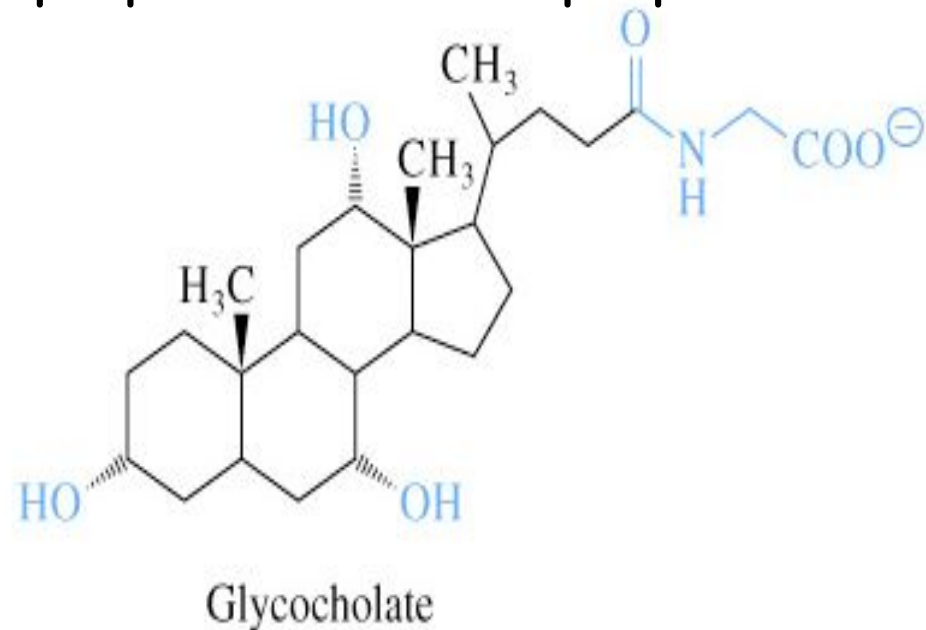
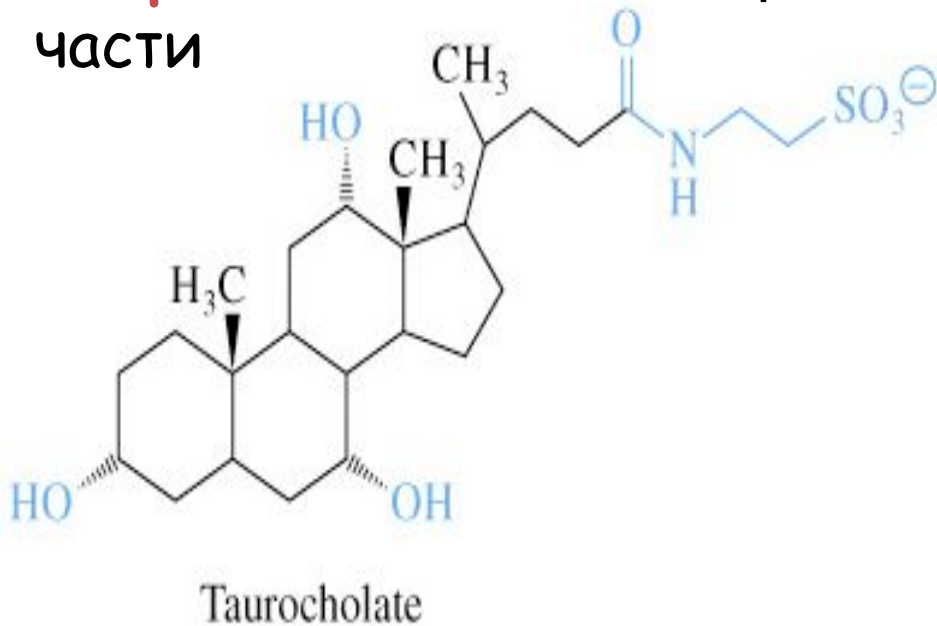
Липаза катализирует гидролиз в **C1** и **C3** положениях ТАГ образуя **свободные жирные кислоты**



Соли желчных кислот необходима для перетравливания липидов. Синтезируются в печени из холестерина.

Таурохолевая и **гликохолевая** - наиболее распространенные желчные кислоты.

Амфипатические: содержат гидрофильные и гидрофобные части



ТАГ - водонерастворимые, а **липаза** - водорастворимая.

Перетравливание ТАГ осуществляется на грани **липид-вода**.

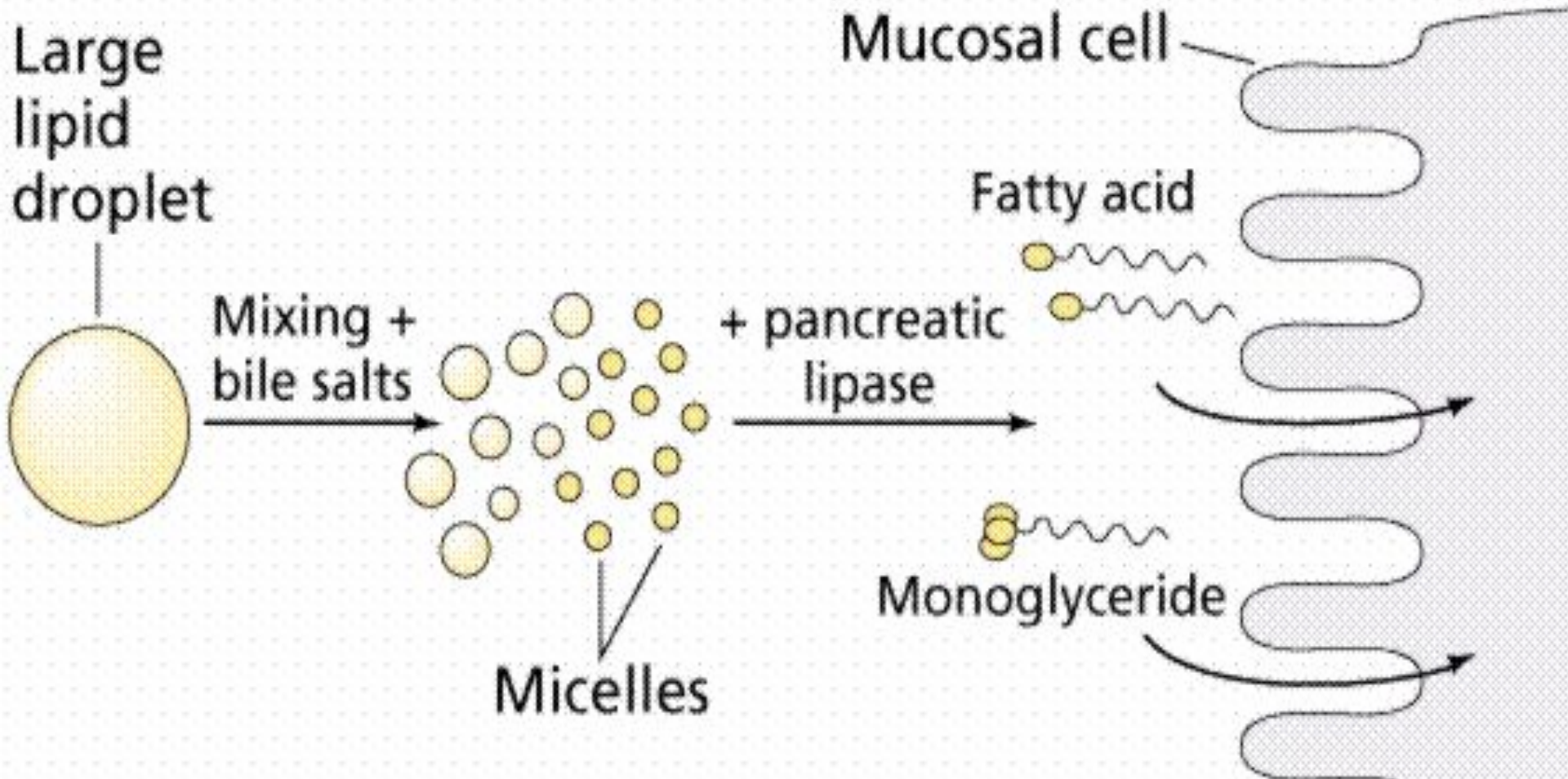
Скорость перетравливания зависит от **площади поверхности липидных капель**.

Соли жирных кислот - амфипатические, они действуют как **детергенты**, эмульгируя липидные капли и увеличивая площадь поверхности липидных капель.



Соли жирных кислот также активируют липазу.

Недостаточное образование солей жирных кислот приводит к **стеаторее**.

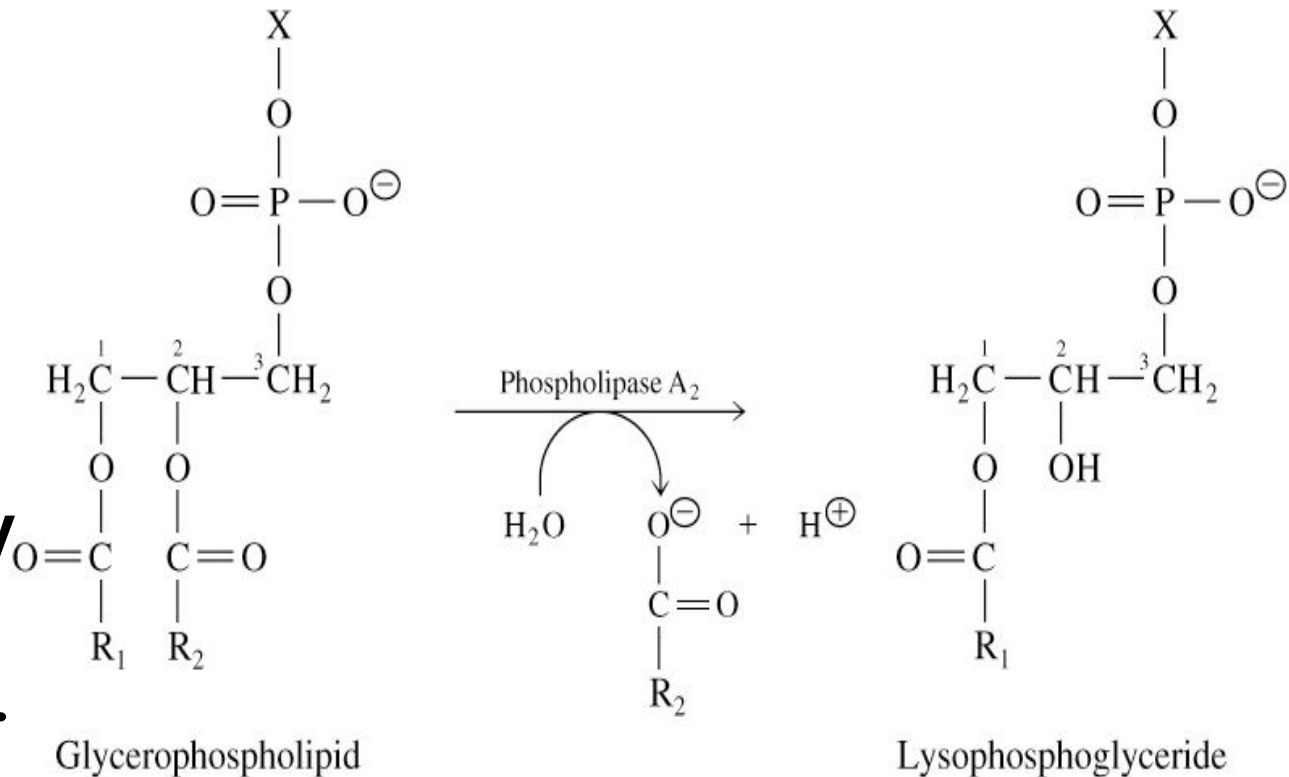


Фосфолипиды перетравливаются фосфолипазами

Фосфолипазы синтезируются в поджелудочной железе.

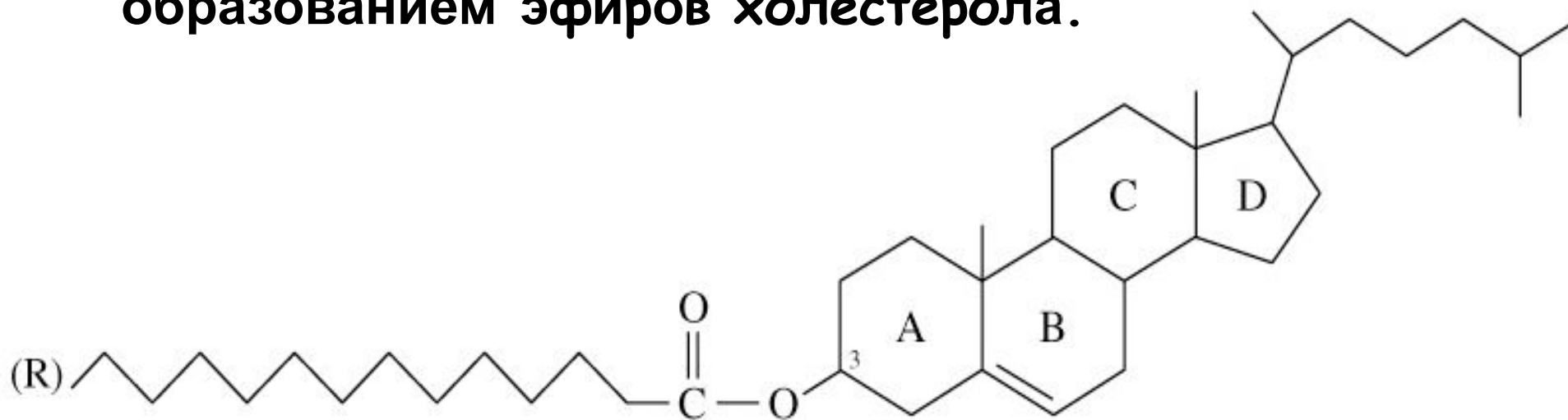
Основная фосфолипаза - **фосфолипаза A_2** (образование **лизофосфоглицеридов**).

Лизофосфоглицериды всасываются в интестинальные клетки, где **реэстерифицируются** назад к фосфолипидам.



Холестерол пищи

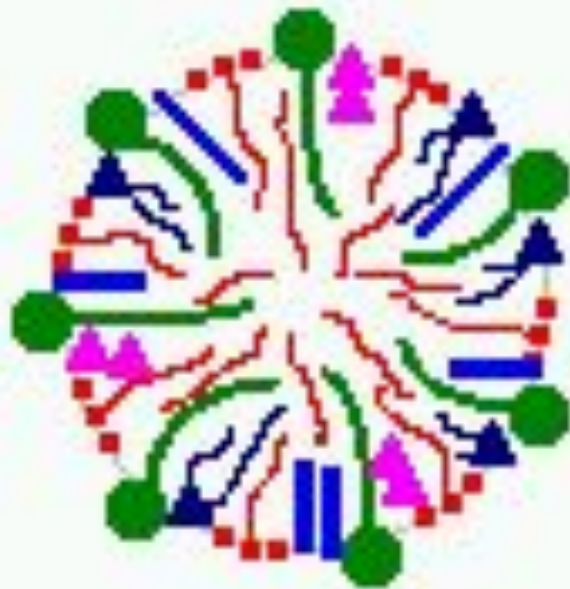
- Большинство **холестерола** пищи находится в свободном (неэтерифицированном) состоянии
- Эфиры холестерола гидролизуются в кишечнике **эстеразой**
- Свободный холестерол сольбилизируется мицеллами солей желчных кислот и абсорбируется
- После абсорбции в интестинальных клетках холестерол реагирует с ацил-КоА с образованием эфиров холестерола.



ВСАСЫВАНИЕ ЛИПИДОВ

Всасывание липидов осуществляется пассивной диффузией.

2-моноацилглицеролы, жирные кислоты, лизофосфоглицеролы, свободный холестерол формируют мицеллы с солями желчных кислот.

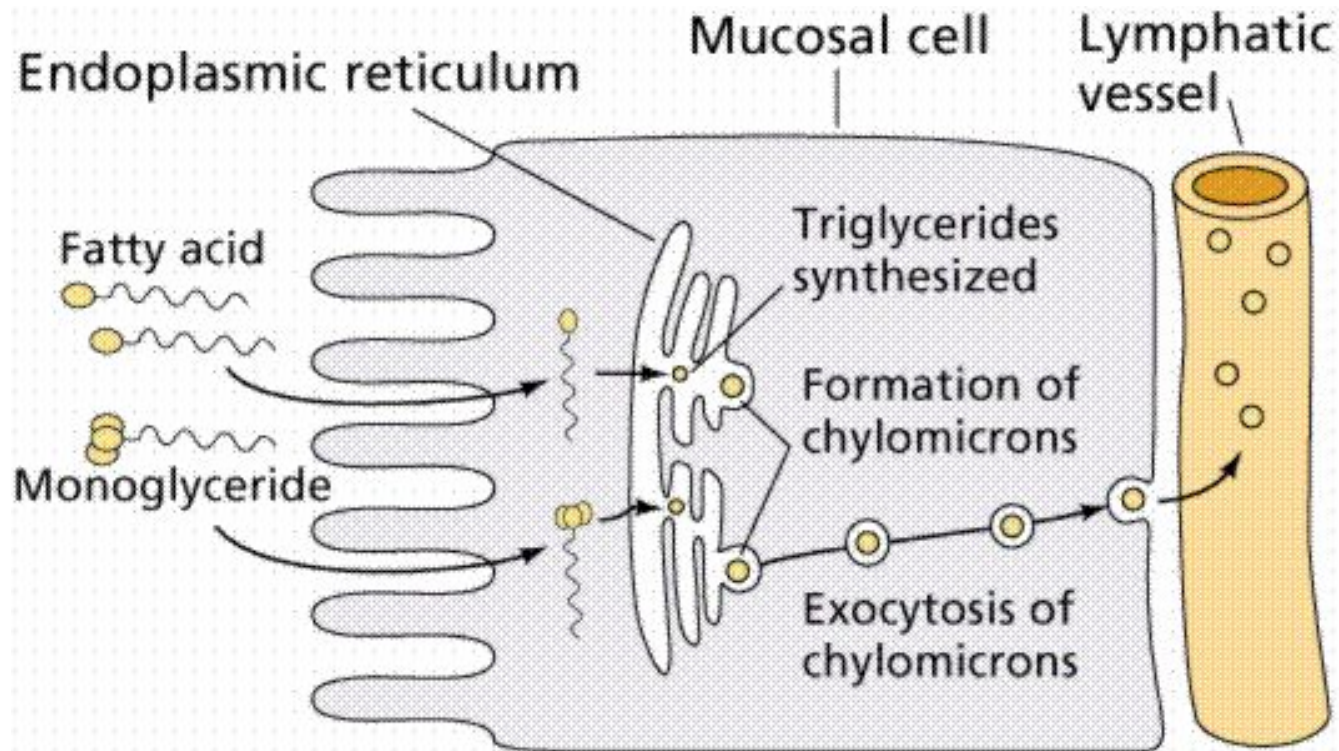


Bile salts
Monoglyceride
Fatty acids
Phospholipids
Cholesterol

Мицеллы мигрируют к микроворсинкам и **липиды дифундируют** в клетки.

Соли желчных кислот всасываются активно и транспортируются к печени через портальную вену.

Соли желчных кислот могут **циркулировать через кишечник и печень** несколько раз на день.



ТРАНСПОРТНЫЕ ФОРМЫ ЛИПИДОВ

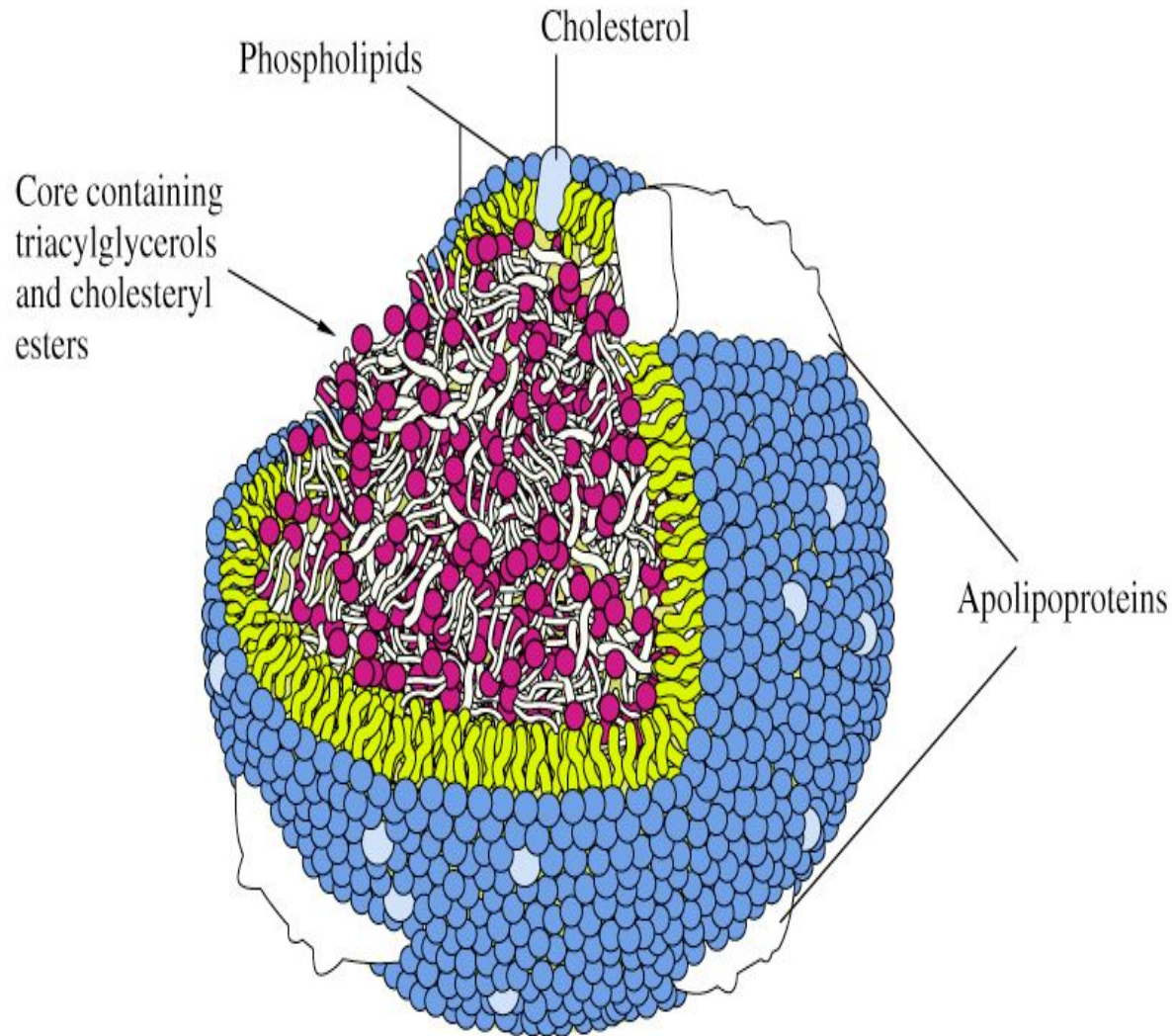
- ТАГ, холестерол и эфиры холестерола нерастворимые в воде и не могут транспортироваться в крови или лимфе в свободном состоянии

- Эти липиды объединяются с **фосфолипидами** и **апопротеинами** с образованием сферических частичек **липопротеинов**

Структура:

Гидрофобное ядро:

**Гидрофильная
поверхность**



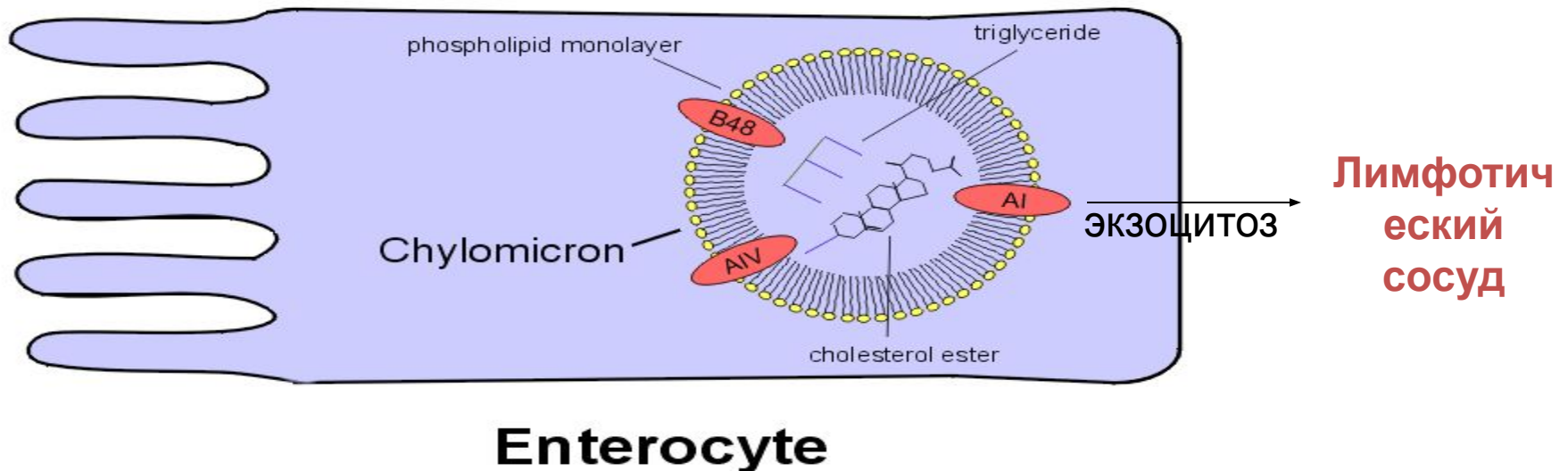
Основные классы липопротеинов

1. Хиломикроны.
2. Липопротеины очень низкой плотности
3. Липопротеины промежуточной плотности (ЛППЦ).
4. Липопротеины низкой плотности
5. Липопротеины высокой плотности (ЛВЦ).

Lipoproteins in human plasma					
	Chylomicrons	VLDLs	IDLs	LDLs	HDLs
Molecular weight $\times 10^{-6}$	>400	10–80	5–10	2.3	0.18–0.36
Density (g cm^{-3})	<0.95	0.95–1.006	1.006–1.019	1.019–1.063	1.063–1.210
Chemical composition (%)					
Protein	2	10	18	25	33
Triacylglycerol	85	50	31	10	8
Cholesterol	4	22	29	45	30
Phospholipid	9	18	22	20	29

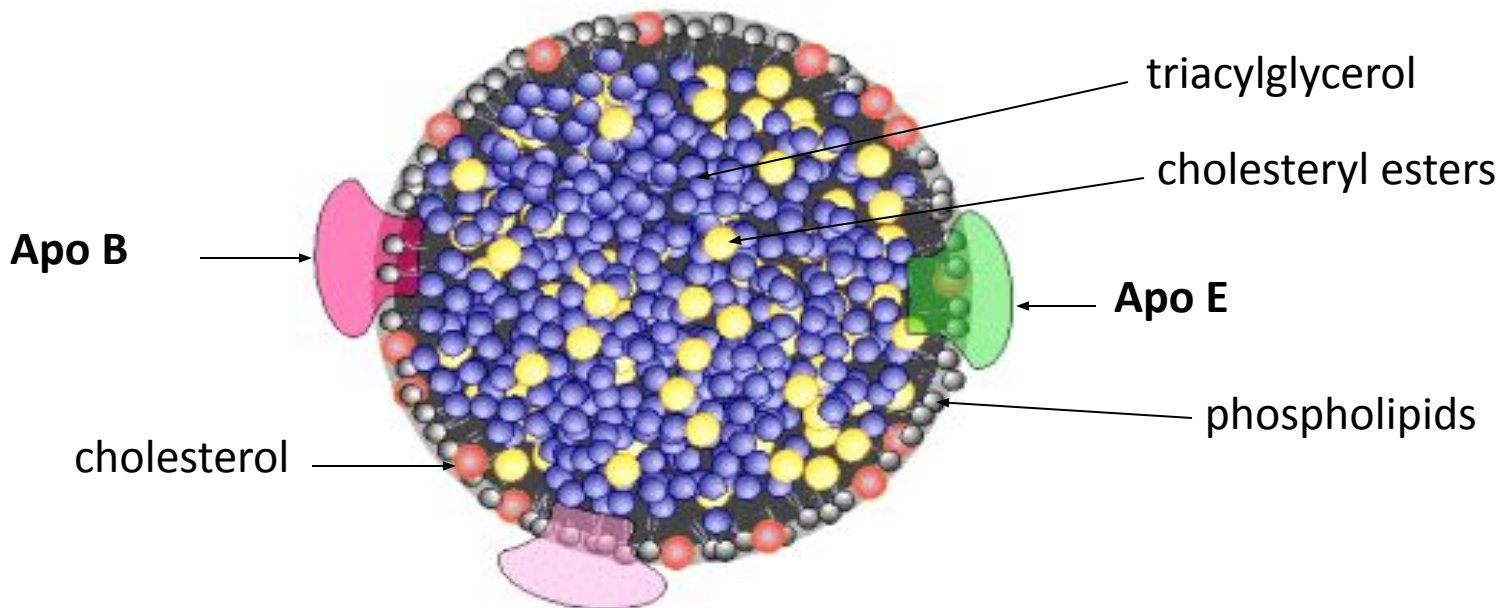
Хиломикроны

- **наибольшие липопротеины (180-500 нм)**
- **синтезируются в ЭР** **интестинальных** **клетках**
- **содержат 85 % ТАГ (основная транспортная форма пищевых ТАГ).**
- **апопротеин В-48 (апо В-48) - основной белковый компонент**



Лipoproteины очень низкой плотности

- образуются в печени
- содержат 50 % ТАГ и 22 % холестерина
- два аполипротеина — апо В-100 и апо Е
- **основные** транспортные формы ТАГ, которые синтезируются в организме (печени)



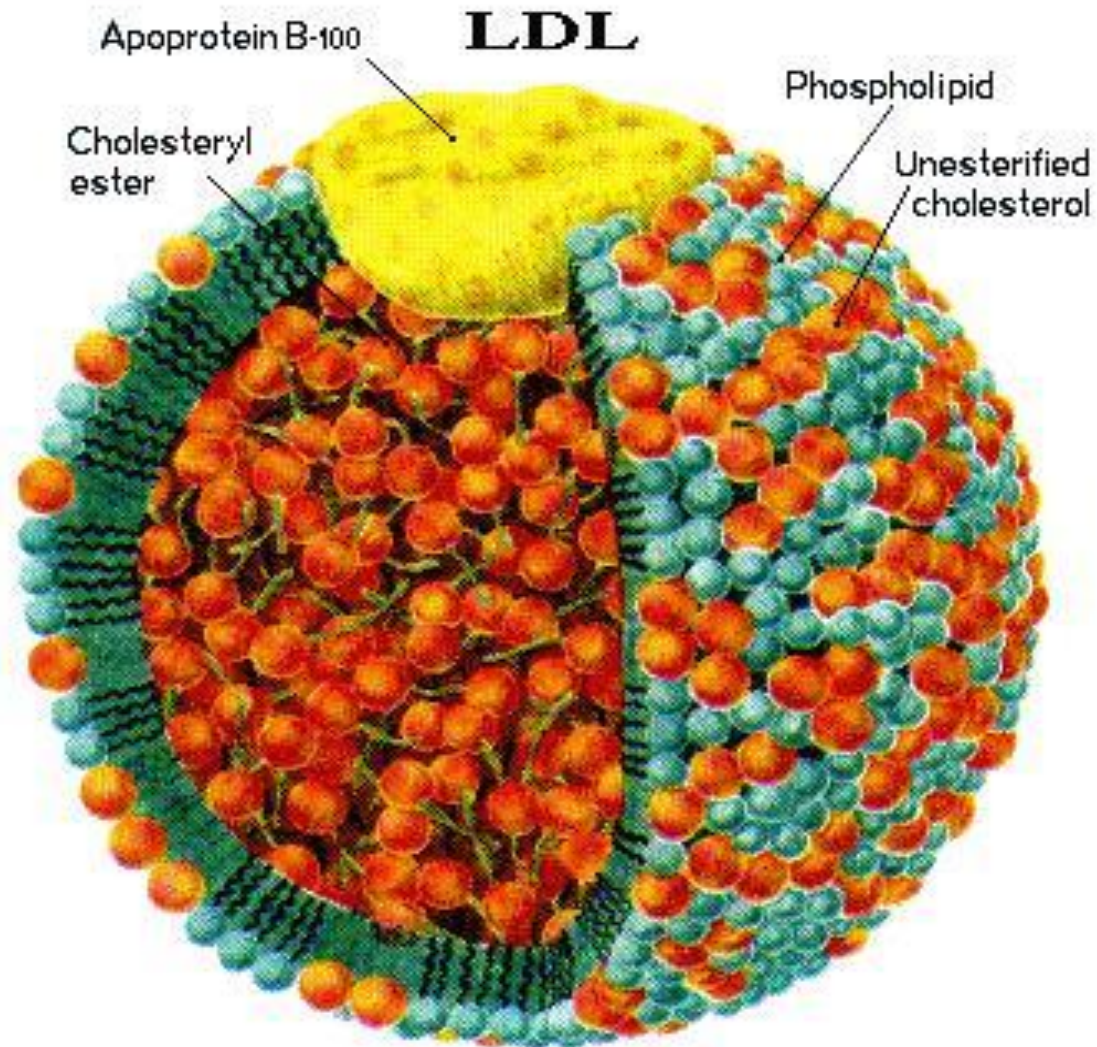
Липопротины низкой плотности

ЛНЩ образуются в крови из ЛТПП и в печени из ЛТПП (фермент - *печеночная липаза*)

ЛНЩ богаты **холестеролом** и **эфирами холестерина** (близко **50 % холестерина**)

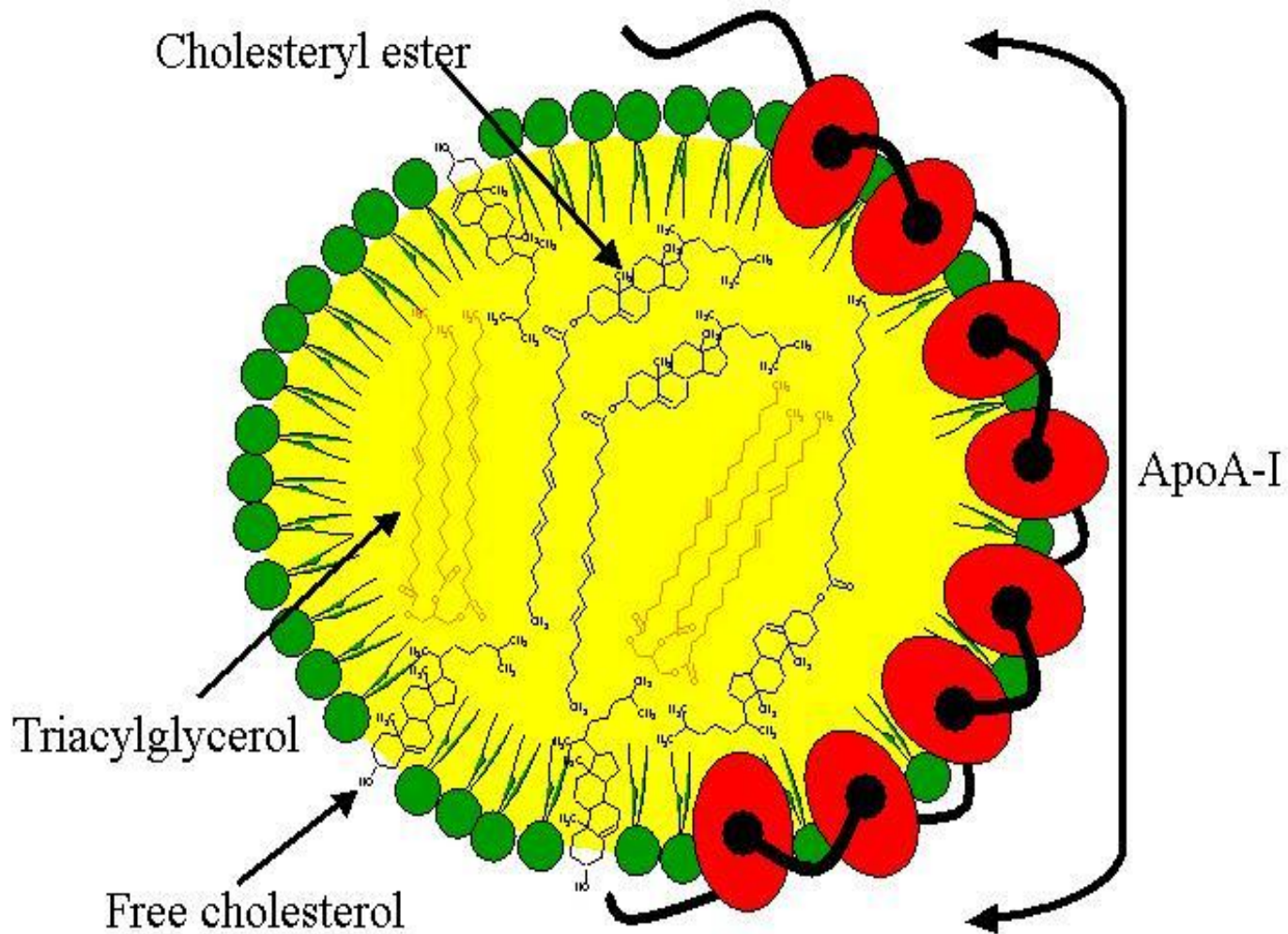
Белковый компонент - **апо В-100**

ЛНЩ - **основной переносчик холестерина** (транспортируют холестерол к периферии)

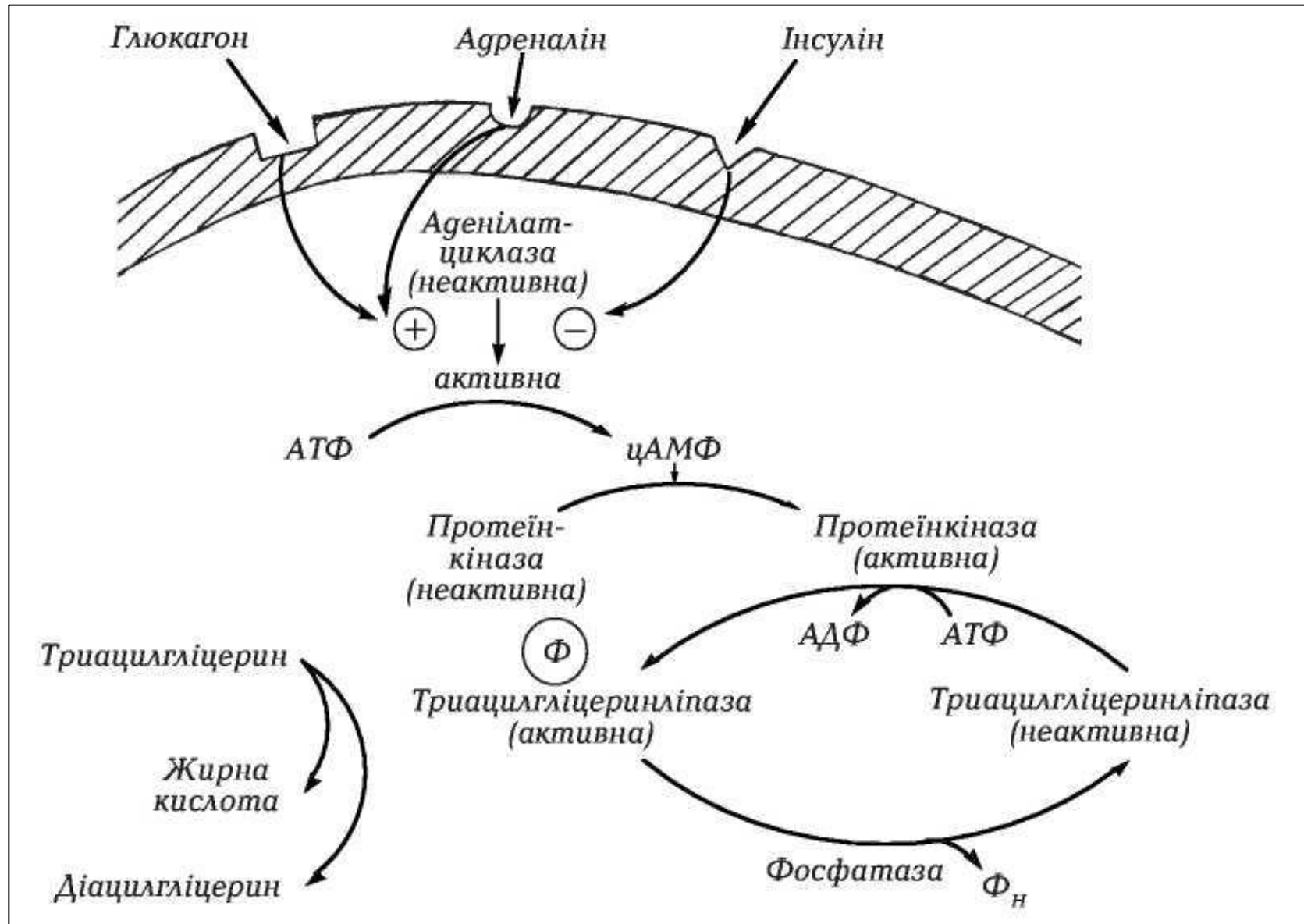


Липопротеины высокой плотности

- образуются в печени и частично в тонком кишечнике
- содержат большое количество белка (40 %)



Внутриклеточный липолиз



Гормональная регуляция гидролиза триацилглицеринов в адипоцитах.

