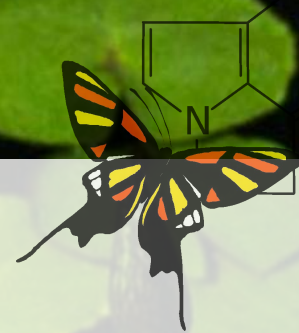


# Биологически активные соединения живых организмов



А.М. Чибирияев

Подготовлен в рамках реализации  
Программы развития НИУ-НГУ

**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.

**Основные источники липидов:** молоко, растительные масла (оливковое, подсолнечное, льняное, кукурузное, кокосовое и т.д.), свиное сало и другие животные жиры, яйца, мозг и внутренности животных и др.

В состав липидов, помимо жирных кислот, спиртов и альдегидов, могут входить азотистые основания, фосфорная кислота, углеводы, аминокислоты, белки и т.п.

Подразделяются на простые и сложные. К простым относятся липиды, молекулы которых содержат только остатки жирных кислот (или альдегидов в енольной форме) и спиртов. Из простых липидов в растениях и животных встречаются жиры и жирные масла, представляющие собой триацилглицерины (триглицериды) и воски.

Воски состоят из сложных эфиров высших жирных кислот и одно- или двухатомных высших спиртов.

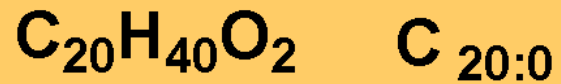
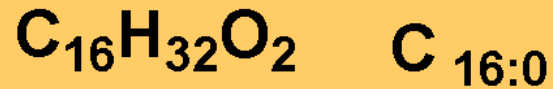
К жирам близки простагландины, образующиеся в организме из полиненасыщенных жирных кислот (в первую очередь - арахидоновой). По химической природе это производные протаноевой кислоты со скелетом из 20 атомов углерода и содержащие циклопентановое кольцо.

Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипины.

# Составные части липидов - жирные кислоты

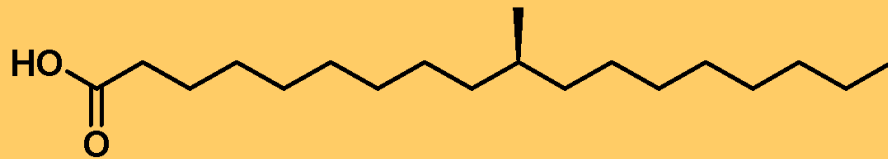
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH<sub>2</sub> и др.).

## Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



# Составные части липидов - жирные кислоты

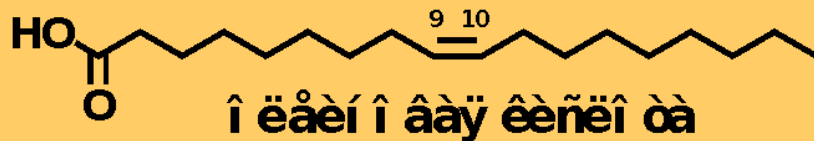
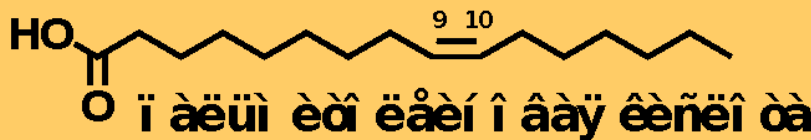
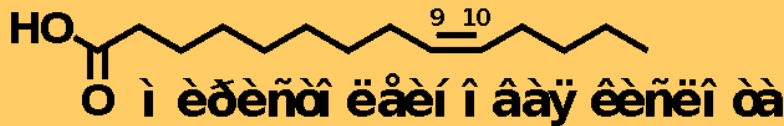
À ñî ñòàââ èèì èäîî â áàèòáðèèäèèüî ù õ èèäòî è ÷àñòîî àñòðá÷àð òñý ðàçàâòàèèáîî ù á æèðîî ù á èèñèè òù, ñ òèèèè ï ðîî àîî âûî ò ðàâ áîî òì èèè ñ Ì Ì -äðîî ï î é.



òóááðèèè ñòáàðèè î âàý èèñèè òà

î áî àñòù ù áî î ù á æèðîî ù á èèñèè òù

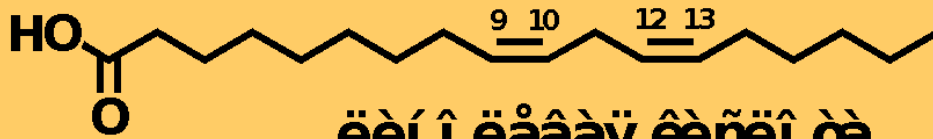
î î î áî î âûî



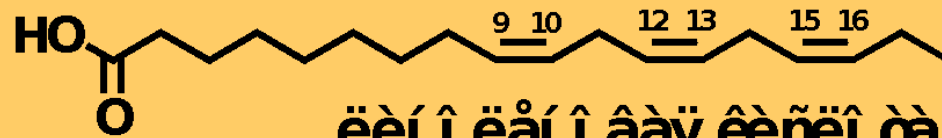
(î ò42 äî 55% â ì àñèà ðàî ñà è ä ð÷èòù)

## Составные части липидов - жирные кислоты

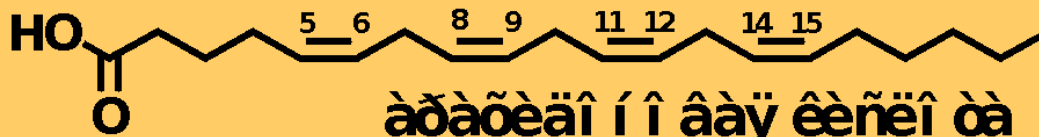
ï î ëèáí î âùà



ëèí î ëääàäÿ êèñëî òà



ëèí î ëáí î âàÿ êèñëî òà



àðàõèäî í î âàÿ êèñëî òà

î ëääèí î âàÿ è ëèí î ëääàäÿ êèñëî òà ñí ñòàâëÿþò î êëè 60%  
 àññõ Æ òàññòèòàëüí ù õ ì àññè.

# Состав жирных кислот некоторых растительных жиров и масел

Жирная кислота	Кокосовый орех	Арахис	Оливки	Масличная пальма (мяк.)	Рапс обычный	Рапс селекционный	Соевые бобы	Подсолнечник обычный	Подсолнечник селекц.	Семена льна
<12:0	21.5									
12:0	48.8			1.2						
14:0	14.8			1.0				0.2	0.1	
16:0	6.9	12.5	10.3	45.0	3	4	11	6.0	3.6	6.1
18:0	2.0	2.5	2.3	4.5	1	2	3.5	5.6	4.9	3.2
18:1n-9	4.5	37.9	78.1	37.5	16	56	22	17.8	80.6	16.6
18:2n-6	1.4	41.1	7.3	10.5	14	26	53	68.7	8.4	14.2
18:3n-3		0.3	0.6	0.4	10	10	7.5	0.2	0.1	59.8
20:1n-9			0.3		6	2	1.0	0.1	0.3	
22:1n-9					49	следы				

# Состав жирных кислот некоторых ЖИВОТНЫХ жиров и масел

Жирная кислота	Сливочное масло	Свиной жир	Говяжий жир	Бараний жир	Жир тихоокеанской сельди	Жир трески	Жир тихоокеанского анчоуса
<12:0	10.1						
12:0	2.8			0.6	0.2		
14:0	10.1	2.0	2.5	5.6	6.8	3.3	8.3
16:0	25.0	27.1	27.0	27.0	22.7	13.4	19.5
16:1	1.5	4.0	10.0	1.6	8.0	9.6	9.1
18:0	12.1	11.0	7.4	31.7	2.7	2.7	3.2
18:1n-7					5.0		2.5
18:1n-9	27.1	44.4	47.5	31.7	29.7	23.4	12.9
18:2n-6	2.4	11.4	1.7	1.6	0.7	1.4	0.9
18:3n-3	2.0		1.1	0.2	0.2	0.6	0.4
20:1n-9					4.4	7.8	1.2
20:1n-11					1.0		0.1
20:4n-6						1.4	0.5
20:5n-3					5.3	11.5	18.2
22:1n-11					3.9	5.3	1.4
22:5n-3					0.2	1.6	1.2
22:6n-3					1.5	12.5	10.9



# Мировое производство важнейших жиров и масел.

Жиры и масла	Миллионы тонн (% всего)				
	1965	1975	1985	1995	2005
Соевое	4.1 (13.0)	8.5 (19.7)	14.1 (22.1)	19.5 (22.1)	27.3 (23.8)
Пальмовое	1.4 (4.4)	2.8 (6.5)	6.7 (10.5)	13.9 (15.7)	21.4 (18.7)
Рапсовое	1.4 (4.4)	2.6 (6.1)	6.0 (9.4)	9.5 (10.7)	12.0 (10.5)
Подсолнечное	2.9 (9.2)	3.7 (8.6)	6.5 (10.2)	8.9 (10.0)	10.8 (9.4)
Хлопковое	2.6 (8.3)	2.9 (6.8)	3.4 (5.3)	4.4 (5.0)	5.2 (4.5)
Арахисовое	3.0 (9.5)	2.9 (6.8)	3.3 (5.2)	4.2 (4.7)	5.1 (4.4)
Кокосовое	2.0 (6.3)	2.6 (6.1)	2.7 (4.2)	3.2 (3.6)	3.5 (3.1)
Пальмитоядерное	0.4 (1.3)	0.5 (1.2)	0.9 (1.4)	1.7 (1.9)	2.7 (2.4)
Кукурузное	0.4 (1.3)	0.6 (1.4)	1.0 (1.6)	1.6 (1.8)	2.0 (1.7)
<b>Всего по группе</b>	<b>18.2 (57.7)</b>	<b>27.1 (63.2)</b>	<b>44.6 (69.9)</b>	<b>66.9 (75.5)</b>	<b>90.0 (78.5)</b>
Сливочное	4.6 (14.6)	5.3 (12.4)	6.3 (9.9)	6.7 (7.6)	7.3 (6.4)
Технический жир	4.3 (13.7)	5.5 (12.8)	6.1 (10.0)	7.3 (8.2)	8.1 (7.1)
Свиной	3.5 (11.1)	4.0 (9.3)	5.0 (7.8)	6.2 (7.0)	7.5 (6.6)
Рыбий	0.9 (2.9)	1.0 (2.3)	1.5 (2.4)	1.5 (1.7)	1.6 (1.4)
<b>Всего по группе</b>	<b>13.3 (42.3)</b>	<b>15.8 (36.8)</b>	<b>19.2 (30.1)</b>	<b>21.7 (24.5)</b>	<b>24.5 (31.5)</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>31.5</b>	<b>42.9</b>	<b>63.8</b>	<b>88.6</b>	<b>114.5</b>

# Масло растений с необычным составом жирных кислот.

Касторовое масло из клещевины – 90% рицинолевой кислоты 12-OH-18:1(n-9); годовое производство – более 500 тыс. т.



*Hydnocarpus laurifolia*  
 $8H_{34}O_2$   
 Масло дерева – 69% годовое производство  
 -OH-18:1 (9t)  
 $8H_{30}O_2$   
 энденовой кислоты  
 $8H_{30}O_2$



Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

*Hydnocarpus laurifolia* (*H. wightiana*) – 49% гид

*Hydnocarpus Kurzii* – 27% чаульмугровой к-ты



2.2% каприновой кислоты 10:0

*Cuphea palustris* – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

# Масло растений с необычным составом жирных кислот.

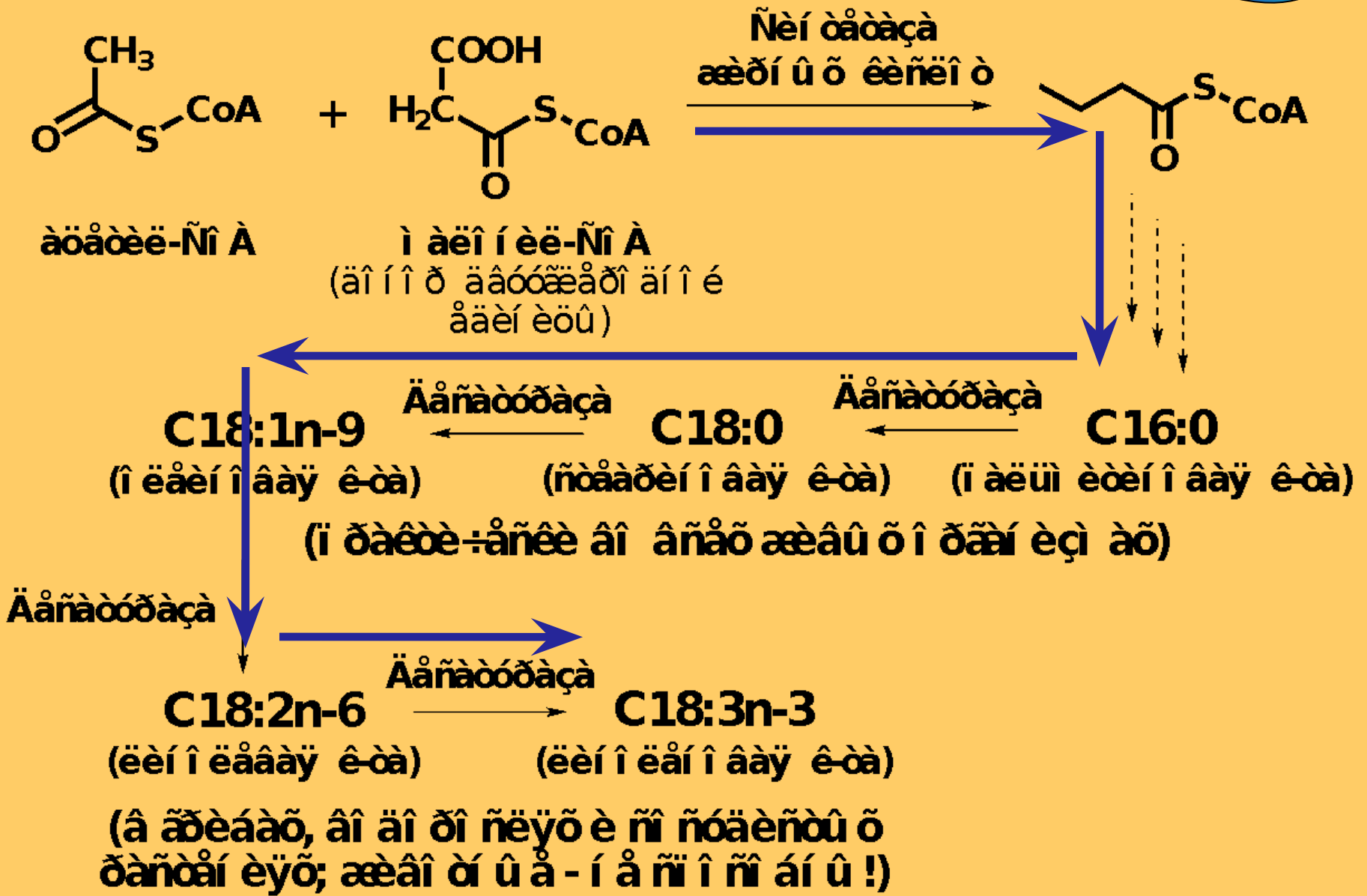
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

масло какао из шоколадного дерева (*Theobroma cacao*) – 34.4% (+ 34.8% олеиновой кислоты);

масло салового дерева (*Shorea robusta*) – 44.3% (+ 40.4% олеиновой кислоты); в 1975 году было произведено 35 тыс. т.;

масло масляного дерева карите (*Butyrospermum parkii*) – 44.3% (+ 45.6% олеиновой кислоты); в 1979 году было произведено 35 тыс. т.

# Биосинтез жирных кислот



# Биосинтез жирных кислот



АаÑаооòàçà  
 æèâî òí ù õ

АаÑаооòàçà  
 ðàñçáí èé

Èèí î ëâààÿ è èèí î ëâí î âàÿ èèñëî òù í à ñèí òàçèðòò òñÿ â  
 î ðãáí èçì àõ âú ñø èõ æèâî òí ù õ, í î í âí áõí æè ù äëÿ í î ðè àëüí î ã  
 æèðí âí ã î âí áí à => ÿâëÿð òñÿ í çàè áí è ù ù è èèñëî àà è.

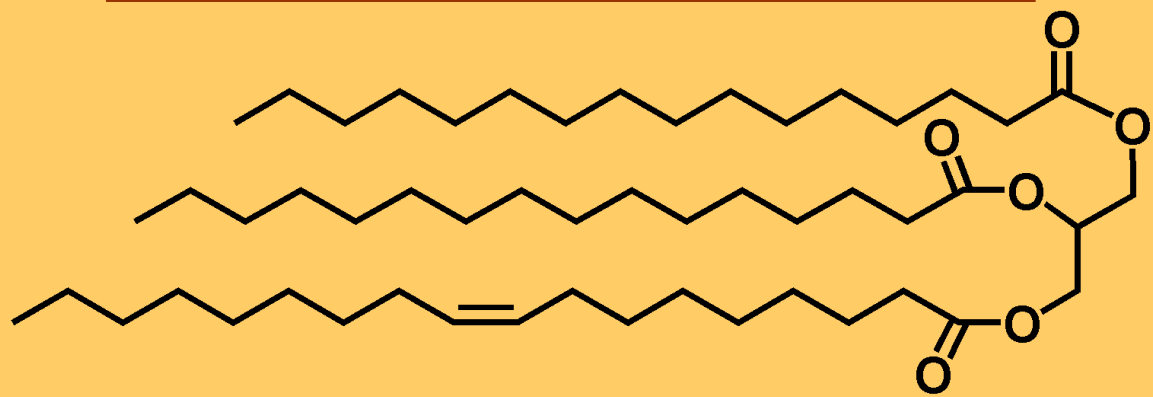
# Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù èèí î ëââí ã ðÿäà  
 18:2n-6 → 18:3n-6 → 20:3n-6 → 20:4n-6 → 22:4n-6 → 22:5n-6

Ê-òù èèí î ëâí î âí ã ðÿäà  
 18:3n-3 → 18:4n-3 → 20:4n-3 → 20:5n-3 → 22:5n-3 → 22:6n-3

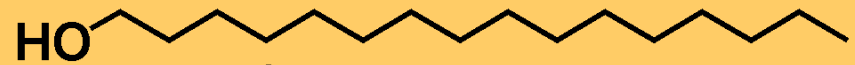
(í ðàèèè ðàñèè âí âñâõ æèâú õ î ðãáí èçì àõ, êðí ù à æèâî òí ù õ-  
 òèù í èèí â è òâàòèí âú õ ðàñçáí èé!)

# Простые липиды – жиры.



одеаөеëãëöåдеі û (æèđû)

# Составные простых липидов – жирные спирты.



оåөеëі âû é ñі èđò

C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>OH



оåдеëі âû é ñі èđò

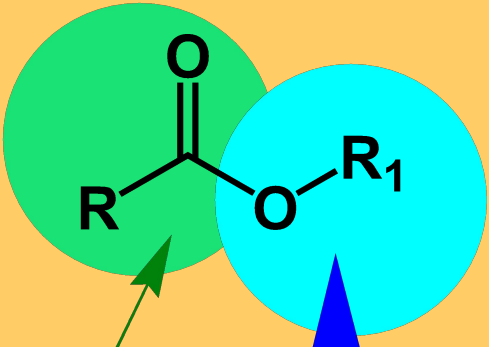
C<sub>26</sub>H<sub>53</sub>OH



і èдеөеëі âû é ñі èđò

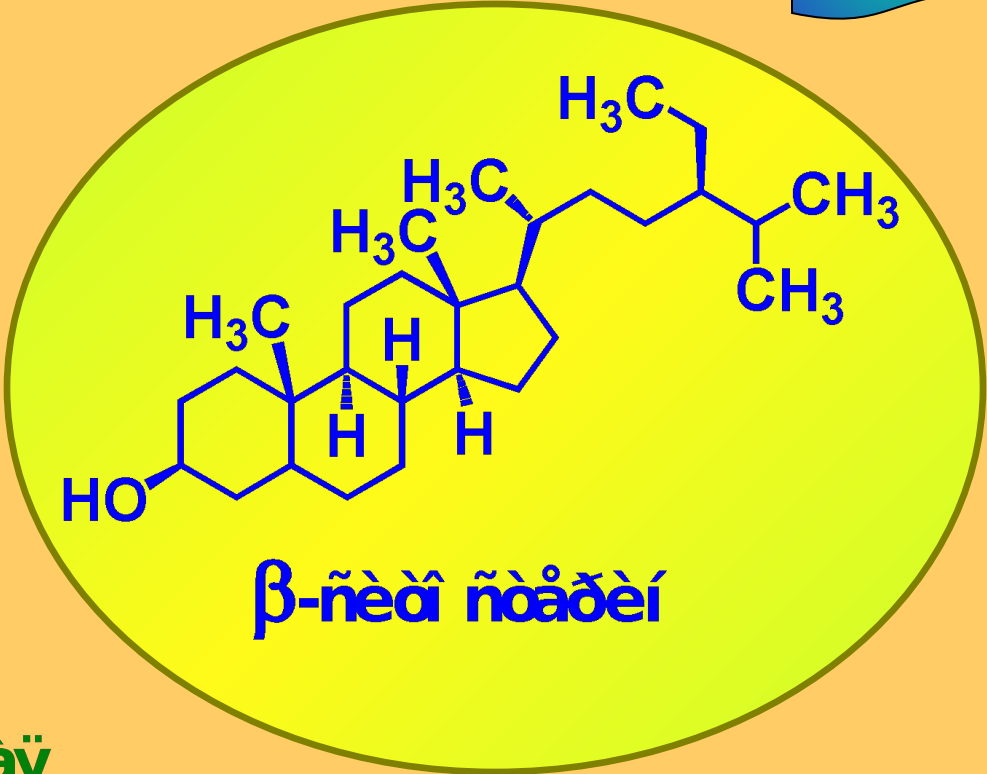
C<sub>30</sub>H<sub>61</sub>OH

# Простые липиды – воски.



Глицерин  
 эфир  
 спирта

Глицерин  
 эфир  
 спирта



$\beta$ -ситостерин

$C_{15}H_{31}OH$  - пентадекан-1-ол

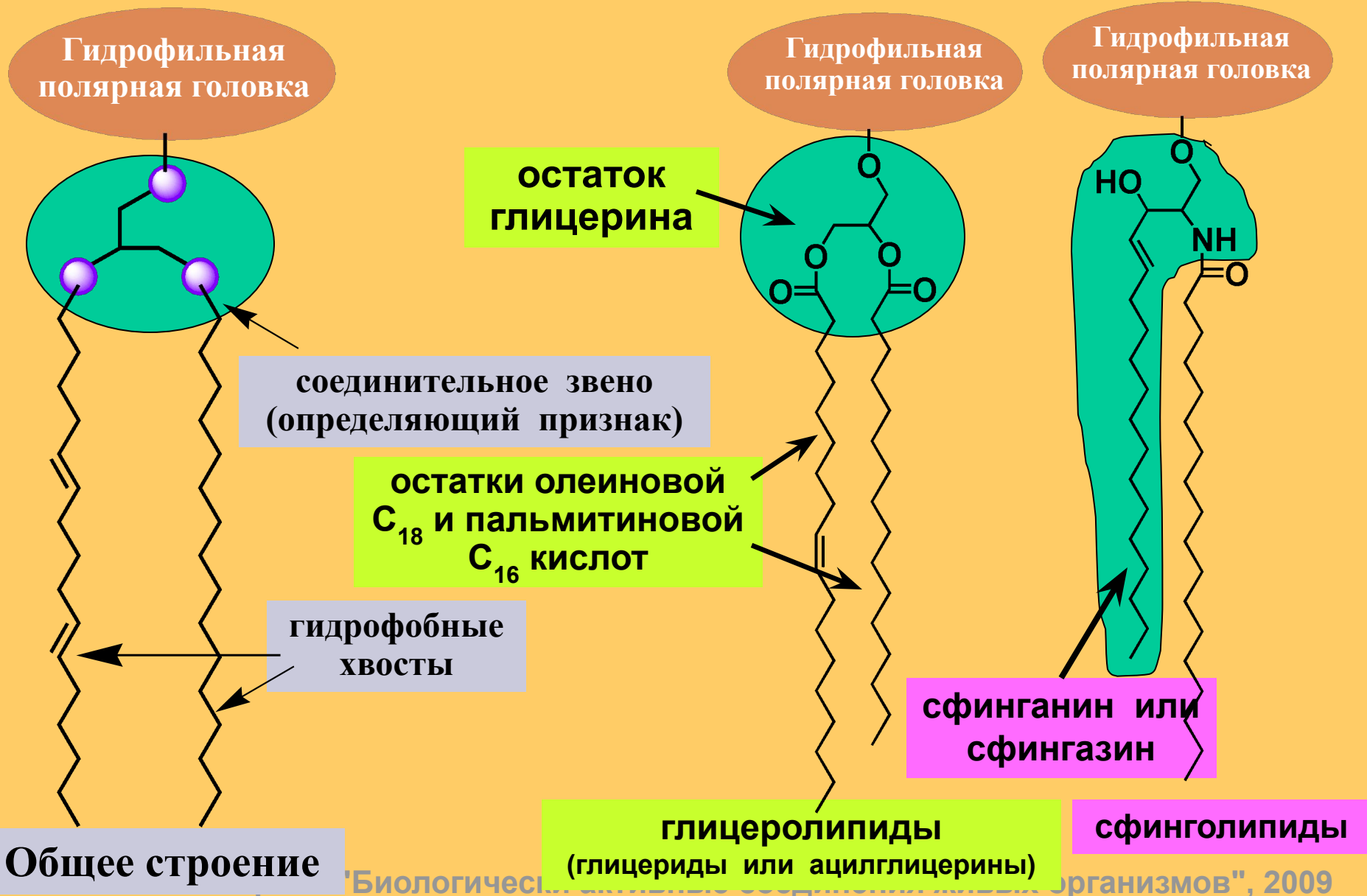
$C_{25}H_{51}OH$  - пентакадакан-1-ол

$C_{19}H_{39}OH$  - фитонол

$n-C_{30}H_{61}OH$  -triacontanol

# Первичная классификация липидов биологических мембран

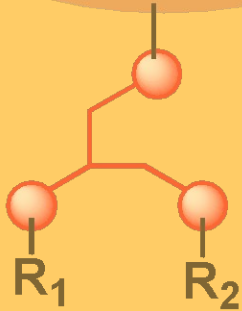
15





# Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

$\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  – это гидрофобные радикалы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.



Гидрофильная группа



Гидрофильная группа (фосфатная группа) и гидрофобные радикалы (углеводородные цепи).

**Гидрофильная группа** – это фосфатная группа, которая придает фосфолипиду гидрофильные свойства.

(1-5% от общего количества липидов в мембране; это фосфатная группа, которая придает фосфолипиду гидрофильные свойства; гидрофобные радикалы (углеводородные цепи) могут быть насыщенными или ненасыщенными).

# Составные части липидов биологических мембран

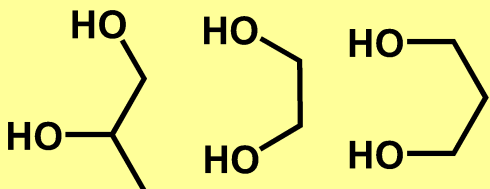
17

**α-глицерил**

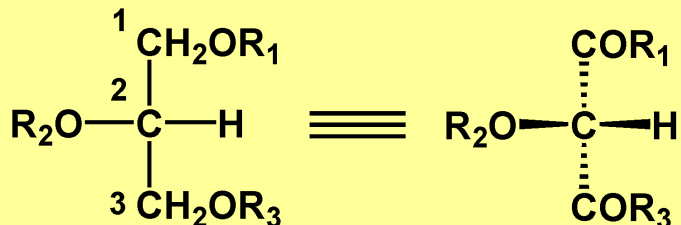


более 50% от встречающихся в природе

**ЖК + глицерин (или другие полиолы)**



**глицерид**



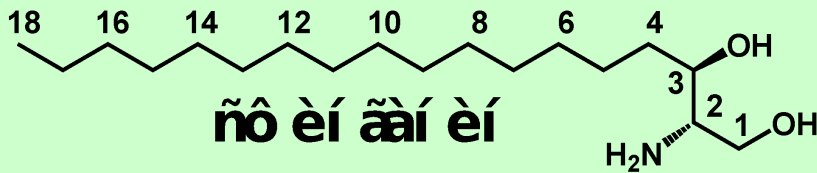
**моно-, ди-, триглицериды**

**сфинголипид**



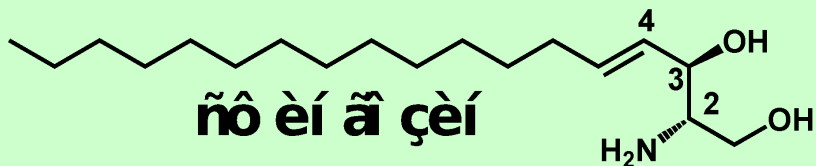
Строительный материал нервных тканей и мозга

**жирные кислоты + сфингозиновые основания**



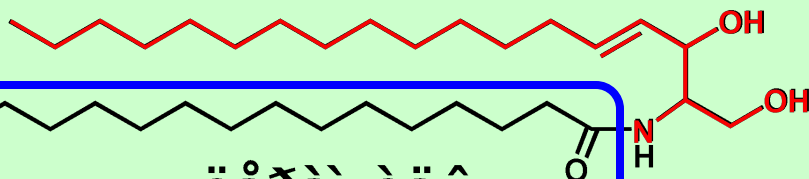
**сфингозин**

(2S, 3R)-2-амино-1,3-дигидро-1H-сфинголин



**сфингозин**

(2S, 3R, 4E)-2-амино-1,3-дигидро-1H-сфинголин-4-ол

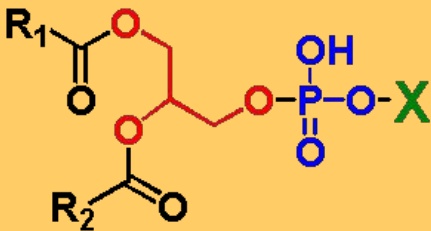


**сфинголипид**

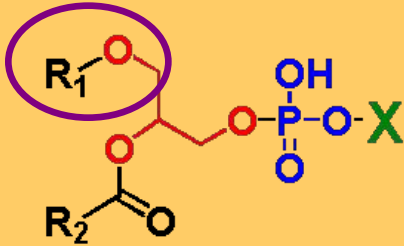
Глицерофосфолипиды  
общий вид

Глицерофосфолипиды  
общий вид

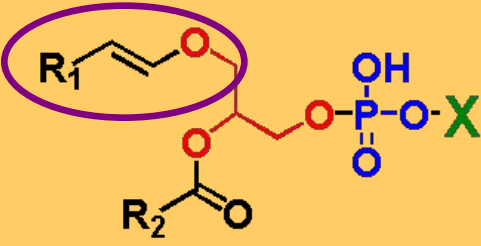
Глицерофосфолипиды  
общий вид



общий вид



с насыщенным радикалом

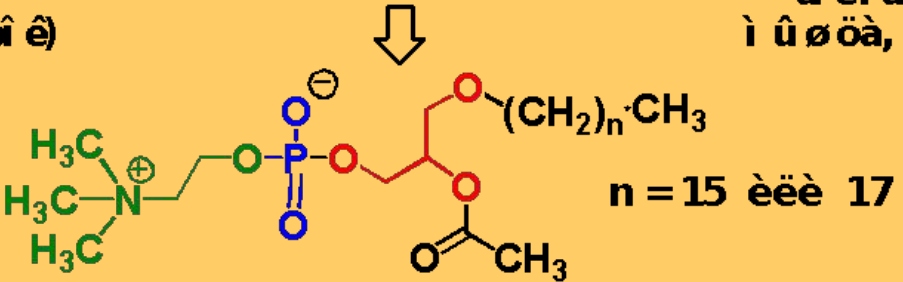


с ненасыщенным радикалом

Содержат в своем составе  
глицерин, фосфорную кислоту,  
спирт, а также гидрофильную  
группу

(-спирт, насыщенный/ненасыщенный  
радикал, фосфорная кислота,  
глицерин, спирт, гидрофильная группа)

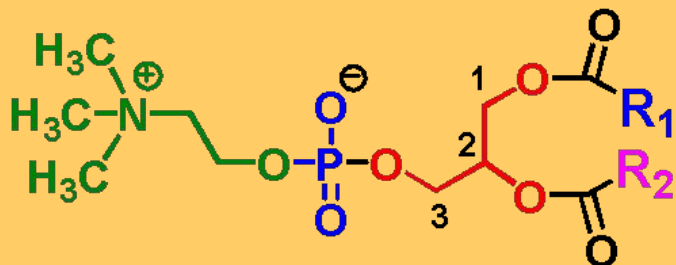
(в 22% случаев радикал имеет  
длинную цепочку; насыщенный/ненасыщенный  
радикал, фосфорная кислота, глицерин,  
спирт, гидрофильная группа)



Содержат в своем составе  
глицерин, фосфорную кислоту,  
спирт, а также гидрофильную  
группу

(в 22% случаев радикал имеет  
длинную цепочку; насыщенный/ненасыщенный  
радикал, фосфорная кислота, глицерин,  
спирт, гидрофильная группа)

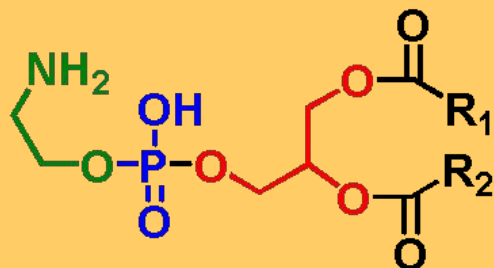
# Фосфолипиды



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

## Они являются

А 50% они являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

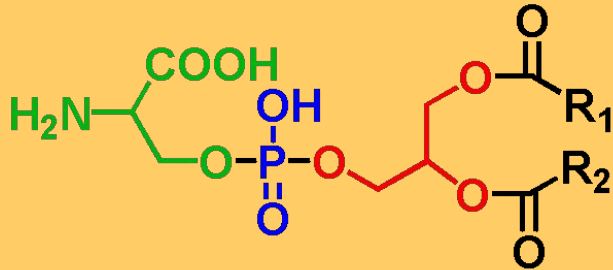


И они являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

## Они являются

А также являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

# Фосфолипиды

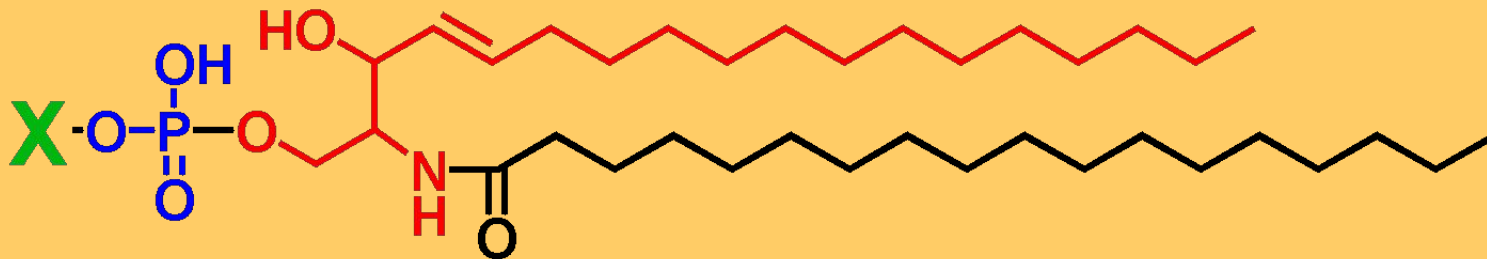


Аи 10-15% иò иáùáã ëì èè-аñoàà  
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èäëì ì èòàр-  
 ù èõñü. Èì èàèèçàöèÿ: ì î çã, ñãðäöã,  
 ì á-áí ù, ì î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèã.

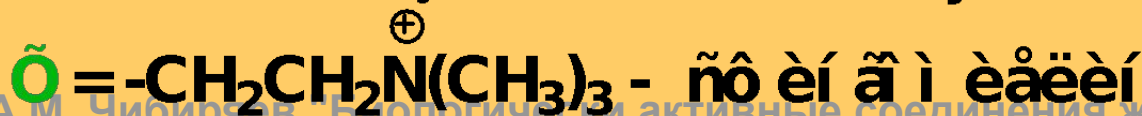
## Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí ààò ðããðèÿõ ðí ì àèèèáí ì ñèè ðÿãà ì àì áðáí ì ñãÿçáí ì ù õ  
 ô áðì áí õì â; ÿãèÿãòñÿ ì ðããø áñoàáí ì èèì ì ì ðè áèì ñèì òãçã  
 ô î ñô àèèäèèÿòáí ì èàì èì ì â.

## Ñò èì ã ô î ñô î èèì èäù .

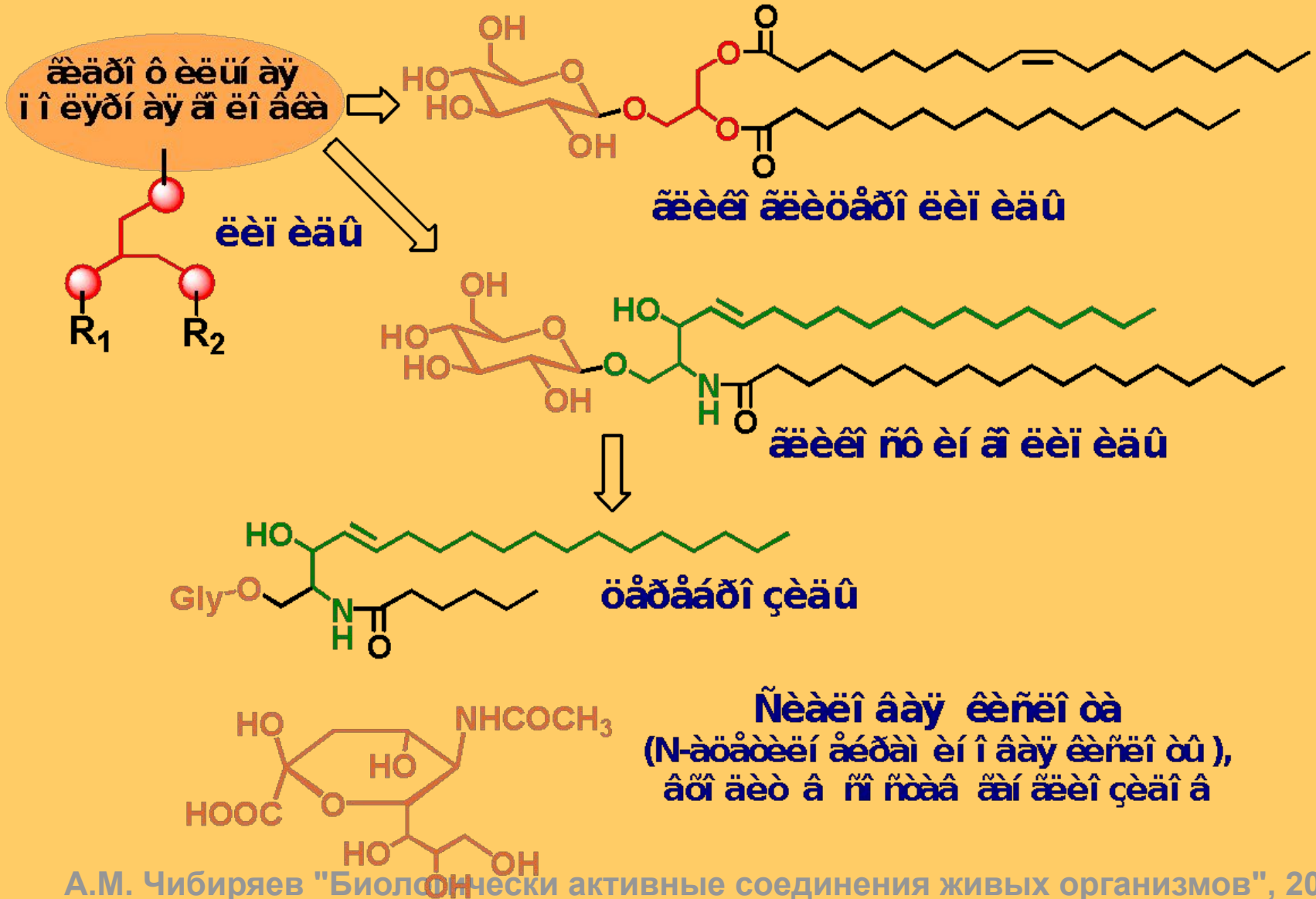


(ñèì æ ù é ýò èð ô î ñô î ðí ì é èèñè òù è  
 ñô èì ã çèí ì áí ã ì ñí ì ááí èÿ)



# Фосфолипиды

## Азотсодержащие фосфолипиды.

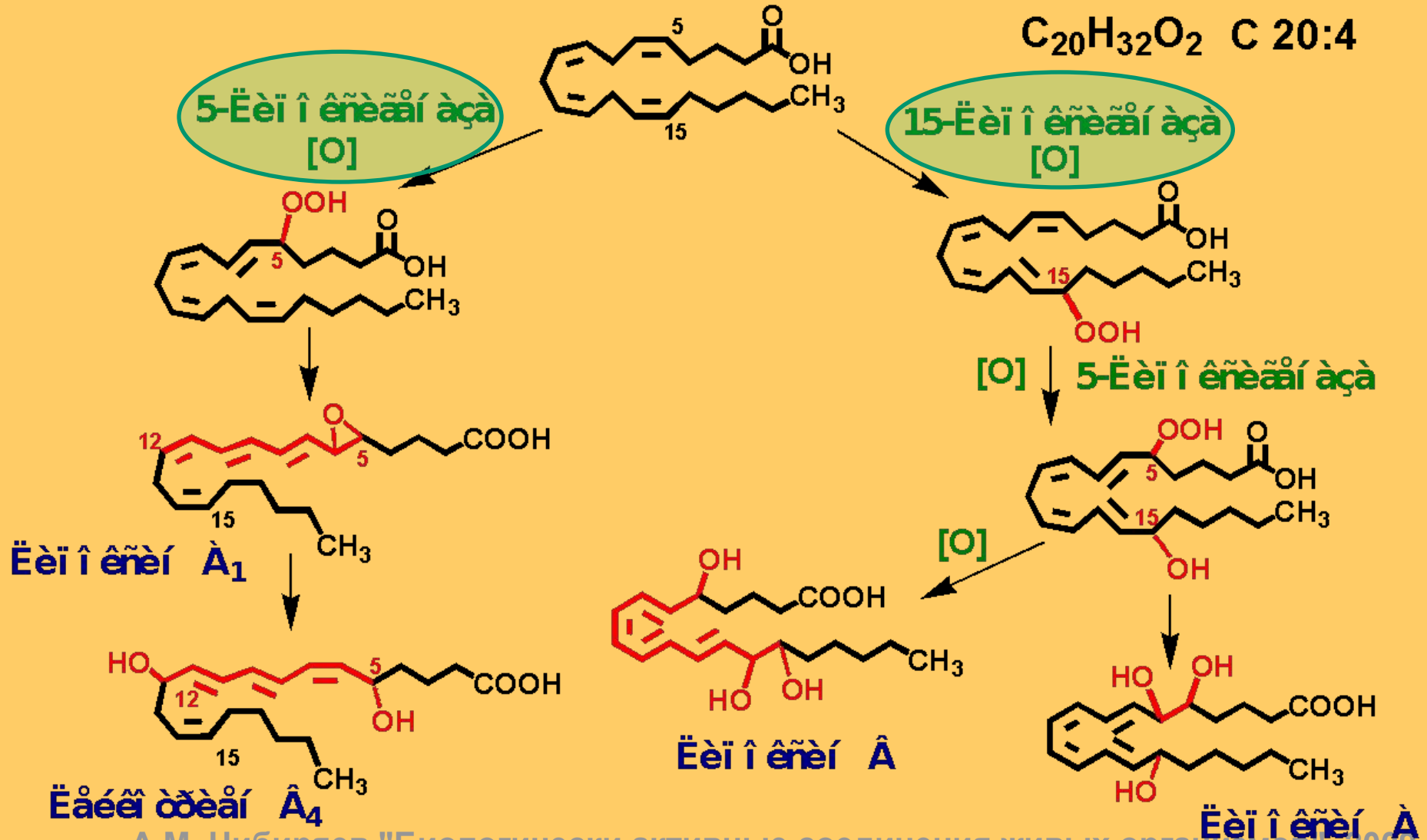


# Каскад арахидоновой К-ТЫ

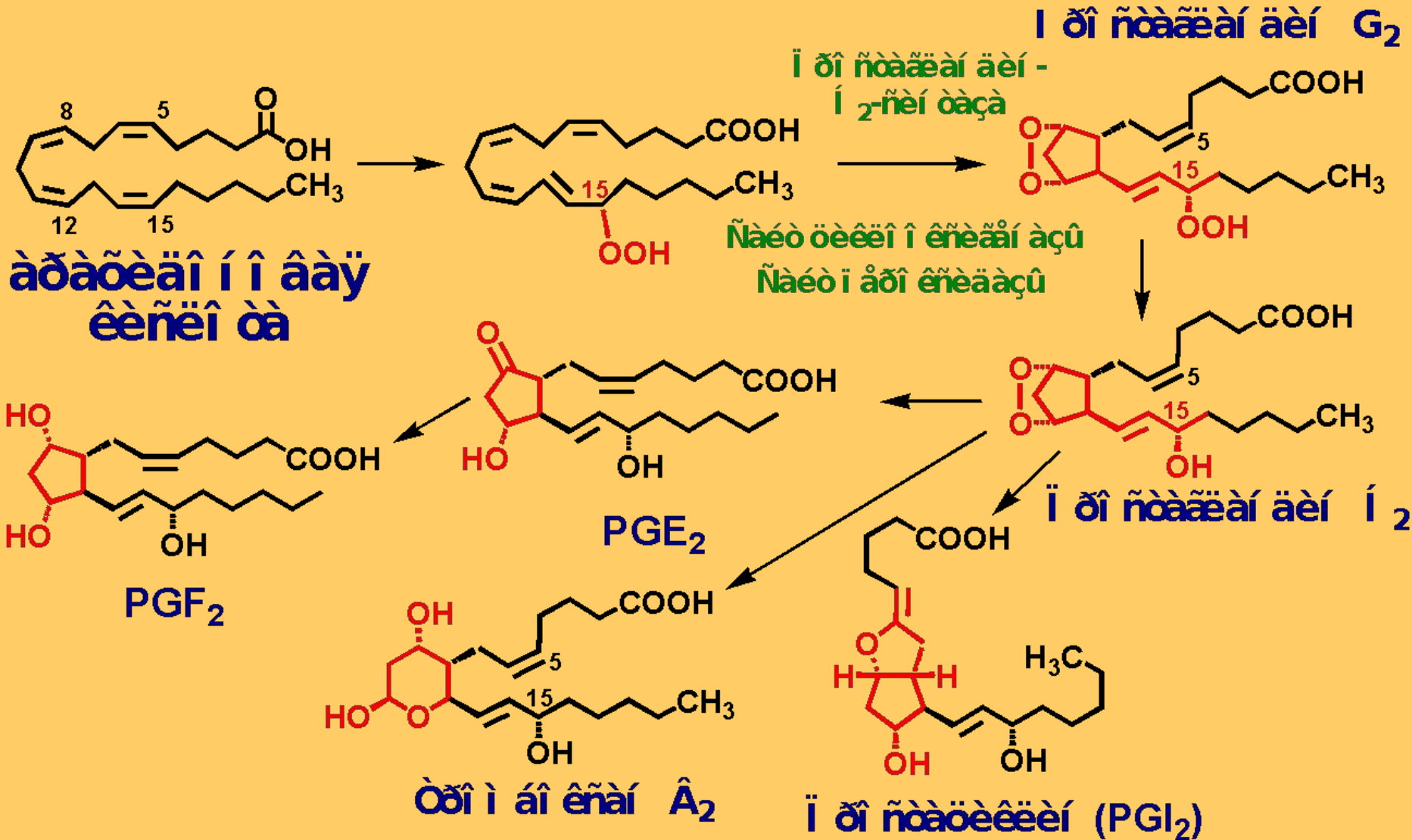
àðàõèäî í î âàü èèñèî à

Öèñ, öèñ, öèñ, öèñ - Ýéë çà-5,8,11,14-òàððàáî í âàü èèñèî à

$C_{20}H_{32}O_2$  C 20:4

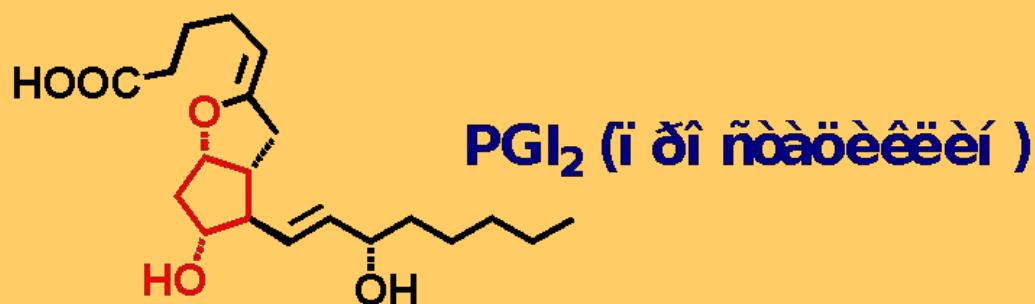
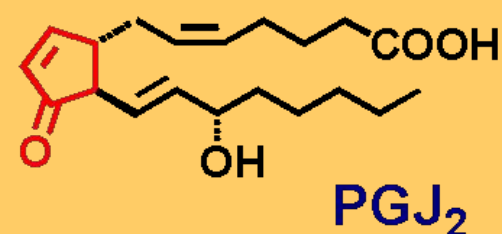
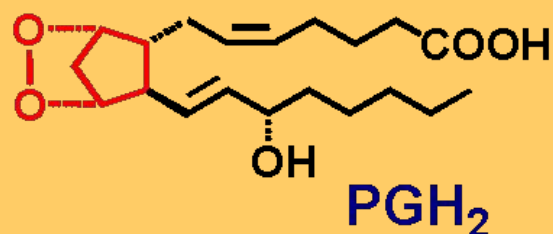
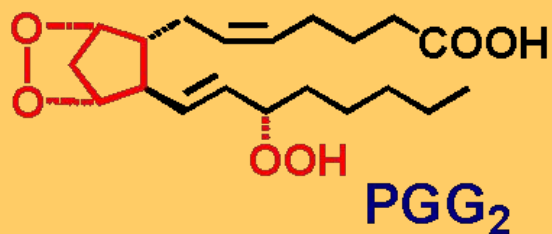
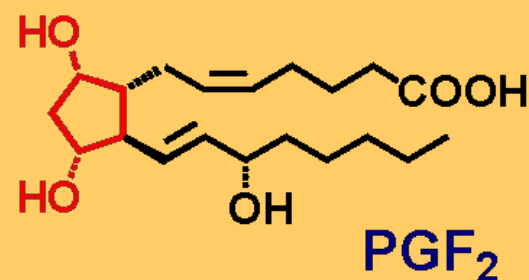
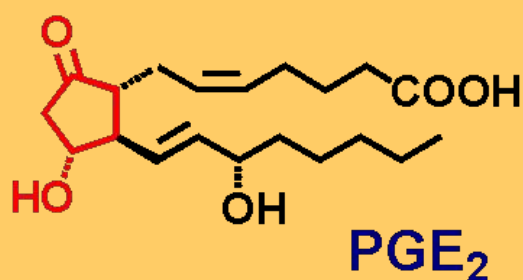
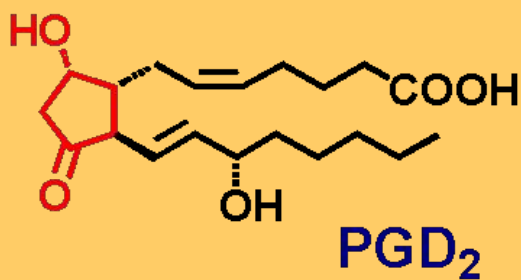
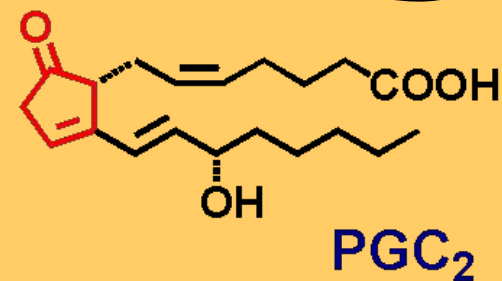
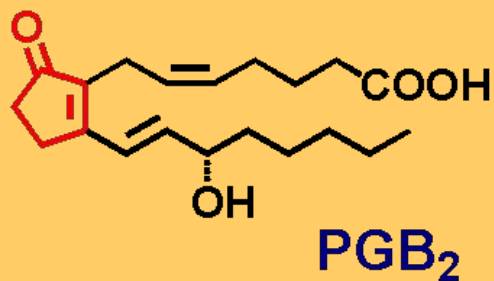
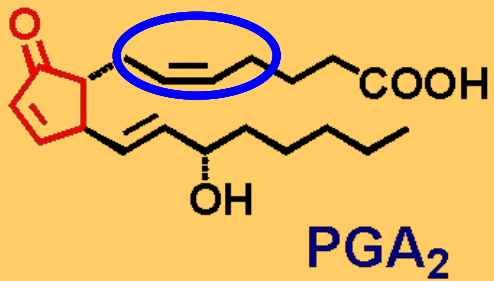


# Каскад арахидоновой К-ТЫ





# Простагландины



# Простаноиды

25

ферментативно

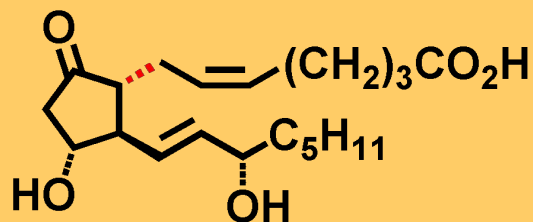
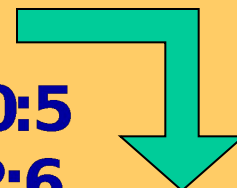
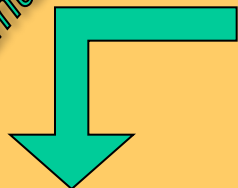
не ферментативно

$\alpha$ - $\omega$ 18:3

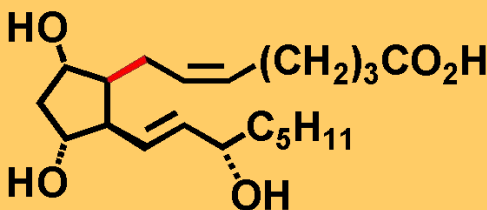
$\alpha$ - $\omega$ 20:4

$\gamma$ - $\omega$ 20:5

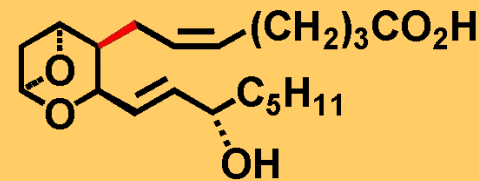
$\alpha$ - $\omega$ 22:6



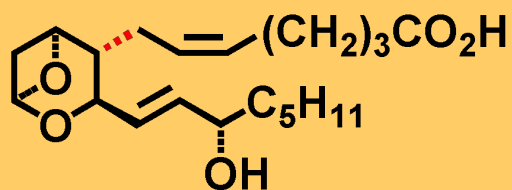
$E_2$



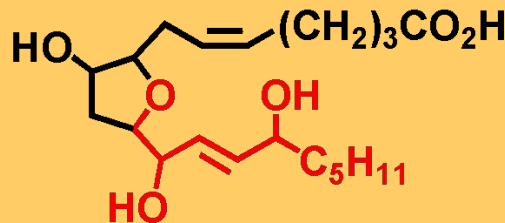
15-F<sub>2t</sub>



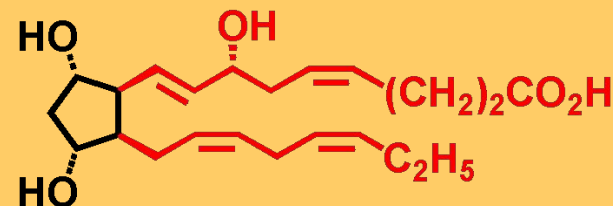
15-A<sub>2</sub>



A<sub>2</sub>



7-F<sub>4t</sub>



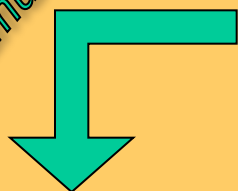
7-F<sub>4t</sub>

Объект - животные

# Простаноиды

26

ферментативно



$\alpha$ - $\omega$ -18:3

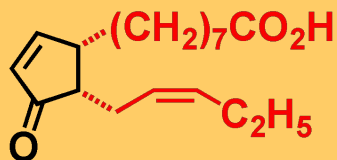
$\alpha$ - $\omega$ -20:4

$\gamma$ - $\omega$ -20:5

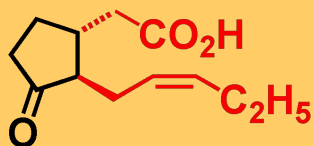
$\alpha$ - $\omega$ -22:6



не ферментативно

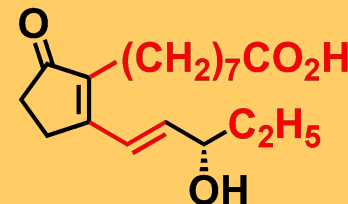


12- $\omega$ -7 -  
- $\omega$ -7

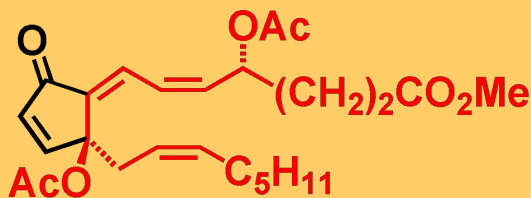


$\omega$ -6

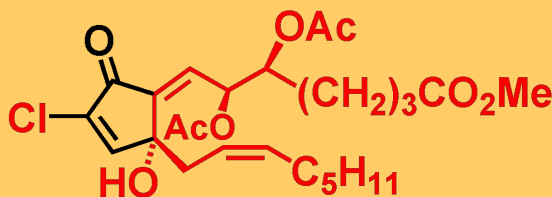
растения



$\omega$ -8 6- $\Delta_1$



$\omega$ -11



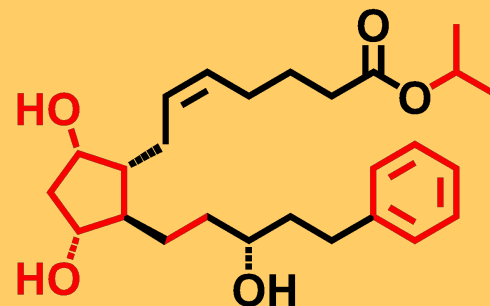
$\omega$ -13

морские организмы

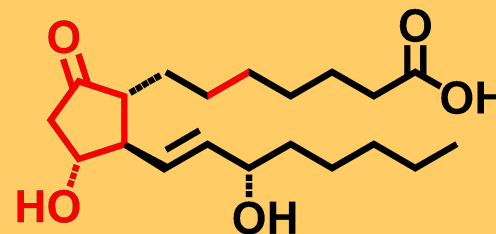
# Препараты простагландинов.

27

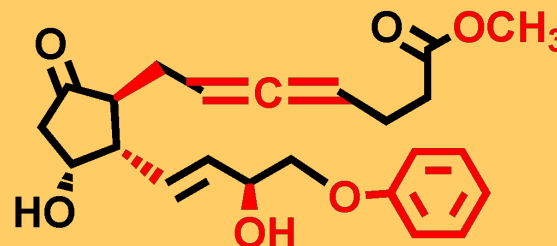
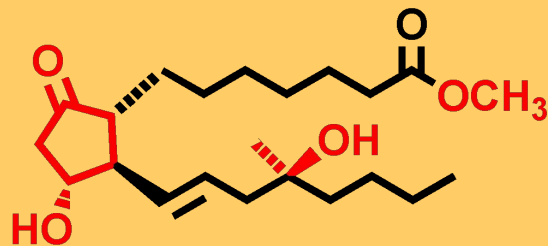
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы  $F_{2\alpha}$ ).



Алпростадил – для лечения эректильной дисфункции (на основе синтетического простагландина группы  $E_1$ ).



Мизопростол и Энпростил – противоязвенные средства (на основе синтетических простагландинов группы  $E_1$ ).



Динопрост ( $PGF_{2\alpha}$ ) и Динопростон ( $PGE_2$ ) – в акушерской практике для стимулирования родовой деятельности в любой период беременности