

## Липиды

В состав растительных и животных организмов наряду с белками и углеводами входят жиры и жироподобные вещества, которые объединены под общим названием липиды. Липиды являются источником энергии для животного организма, хорошими растворителями биологически активных веществ (например, витаминов, анестезирующих препаратов). При окислении жиров образуется вода, что необходимо для поддержания водного баланса живого организма. Жировая ткань образует мягкую изолирующую прослойку, которая защищает внутренние органы и все тело от травм и переохлаждения.

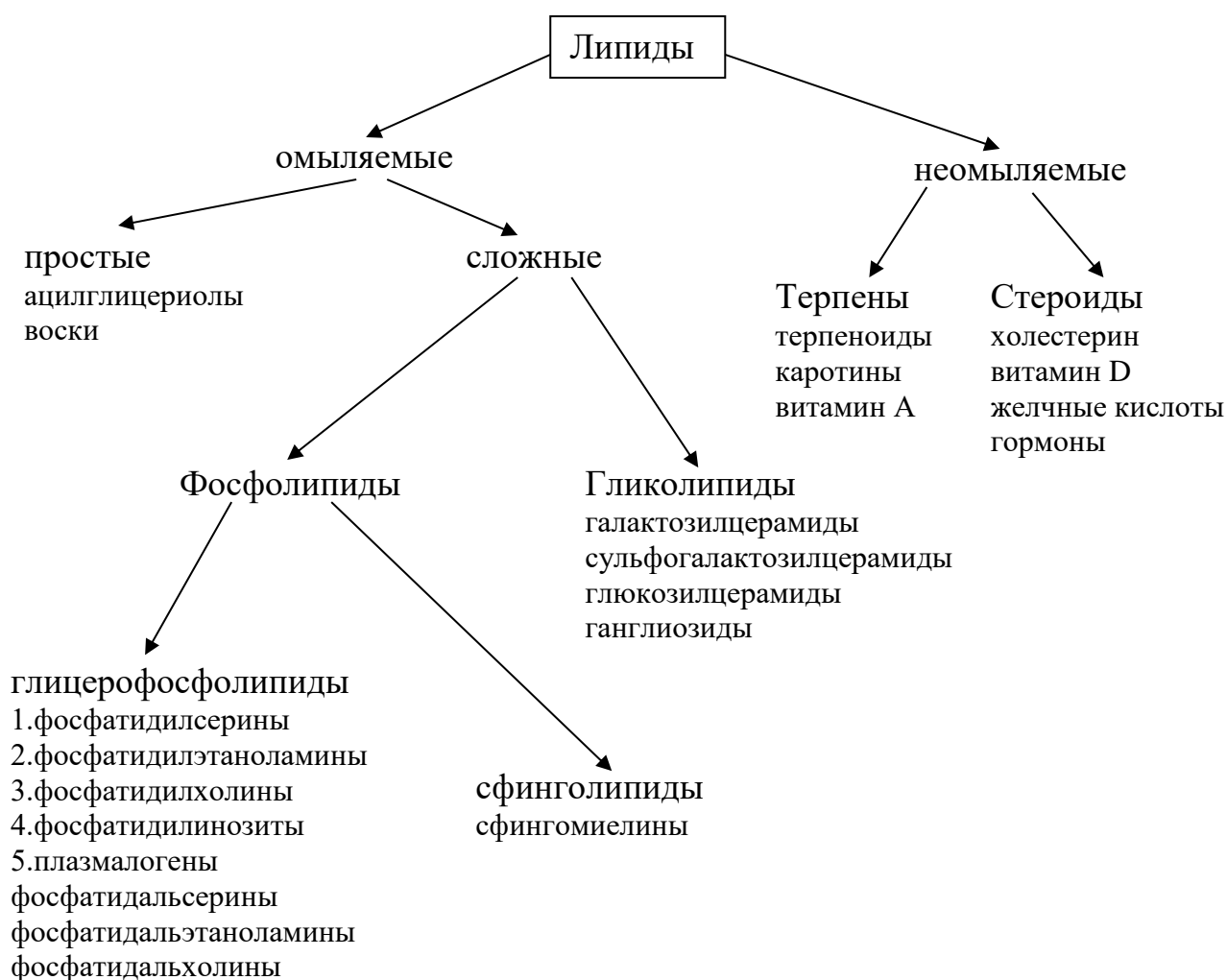
В промышленности жиры используются для приготовления олифы, лаков, красок, некоторых смазочных масел.

### **Строение и классификация липидов**

Липиды можно разделить на две группы, различающиеся отношением к щелочному гидролизу (омылению). Липиды, которые легко расщепляются в щелочных условиях, называют омыляемыми липидами. Липиды, устойчивые к действию щелочей, относят к неомыляемым липидам.

К простым липидам относят соединения, которые распадаются на два соединения. Сложными считают липиды, распадающиеся при расщеплении на более чем два вещества.

Классификация липидов представлена на рис.1.



**Рис. 1. Классификация липидов**

Типичными составляющими липидов разных групп являются высшие жирные карбоновые кислоты и высшие одноатомные спирты с неразветвленной цепью (см. табл.1):

Таблица 1

Число атомов С / название / формула	Число атомов С / название / формула
Высшие одноатомные предельные спирты	C <sub>14</sub> Миристиновая C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> COOH
C <sub>16</sub> Цетиловый C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> OH	C <sub>16</sub> Пальмитиновая C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH
C <sub>18</sub> Стеариловый C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> OH	C <sub>18</sub> Стеариновая C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH
C <sub>26</sub> Цериловый C <sub>26</sub> H <sub>53</sub> OH	– непредельные
C <sub>30</sub> Мирициловый C <sub>30</sub> H <sub>61</sub> OH	C <sub>18</sub> Олеиновая цис-C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH (=9)
Жирные карбоновые кислоты	C <sub>18</sub> Элаидиновая транс-C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH (=9)

– предельные	$C_{18}$ Линолевая $C_{17}H_{31}COOH$ (=9,=12) 
$C_{12}$ Лауриновая $C_{11}H_{23}COOH$	$C_{18}$ Линоленовая $C_{17}H_{29}COOH$ (=9,=12,=15) 
	$C_{20}$ Арахидоновая $C_{19}H_{35}COOH$ (=5,=8,=11,=14) 

Отметим, что почти все двойные связи в жирных кислотах имеют цисконфигурацию. Особо следует подчеркнуть роль полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот как соединений, незаменимых для человека (в организме они не могут быть синтезированы и должны поступать с пищей в количестве около 5 г в сутки). Эти кислоты содержатся в основном в растительных маслах. Они способствуют снижению содержания в крови холестерина – одного из факторов развития атеросклероза, для профилактики и лечения которого применяется линетол – смесь этиловых эфиров высших жирных непредельных кислот льняного масла.

В живых организмах высшие жирные кислоты находятся в активных формах в виде ацилкоферментов А ( $R-CO-S-CoA$ ). Насыщенные жирные кислоты могут синтезироваться в организме из ацетилкофермента А и малонилкофермента А с участием ферментов и последовательного удлинения углеродной цепи. Возможен и обратный процесс – окисление жирных кислот.

Например, при окислении одной молекулы пальмитиновой кислоты образуются 130 молекул АТФ, а при окислении одной молекулы глюкозы – 36–38 молекул АТФ).

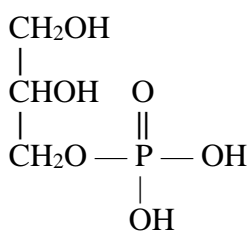
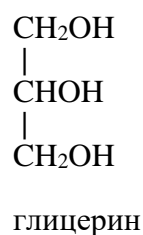
Среди жирных кислот особую роль играет арахидоновая кислота как предшественница биологически важных веществ – простагландинов. Они образуются в результате мягкого окисления арахидоновой и других полиеновых жирных кислот.

#### **Функции простагландинов многообразны:**

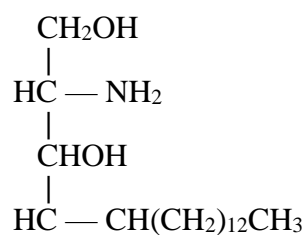
— оказывают выраженное действие на тонус гладкой мускулатуры различных органов;

- расширяют кровеносные сосуды;
- ингибируют свертывание крови;
- активируют синтез гликогена в печени;
- снижают выделение желудочного сока и уменьшение его кислотности;
- являются медиаторами воспаления и аллергических реакций;
- участвуют в деятельности различных звеньев репродуктивной системы;
- играют важную роль в регуляции деятельности почек;
- оказывают влияние на различные эндокринные железы.

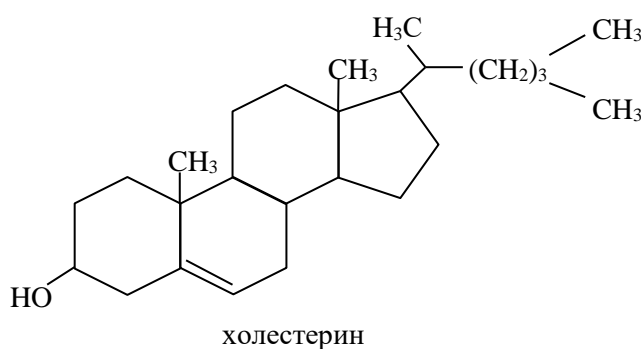
Другими типичными составляющими являются глицерин, L-фосфатидная кислота, сфингозин и холестерин:



L-фосфатидная  
кислота



сфингозин

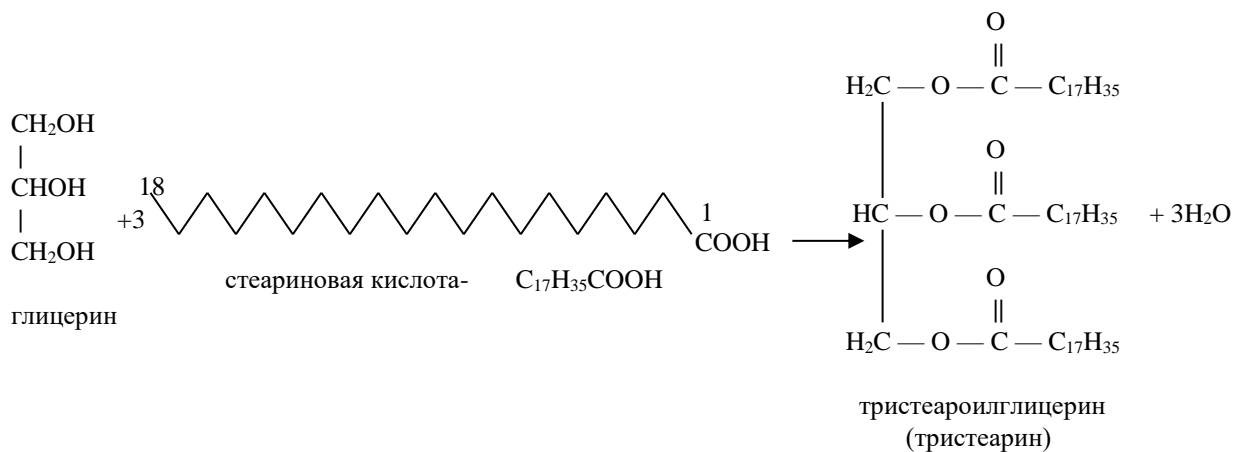


### Омыляемые липиды

#### *Простые липиды – ацилглицеролы, воски*

**Ацилглицеролы (жиры) являются сложными эфирами высших монокарбоновых кислот и глицерина, поэтому жиры относят к триглицеридам или к глицеринсодержащим нейтральным липидам.**

Триглицериды, в которых три кислотных радикала принадлежат разным жирным кислотам, называют смешанными. Простые триглицериды содержат все три радикала одной и той же жирной кислоты, например тристеароилглицерин (основной компонент свиного сала):



Если в триацилглицерине преобладают высшие предельные (насыщенные) карбоновые кислоты, это твердые жиры животного происхождения.

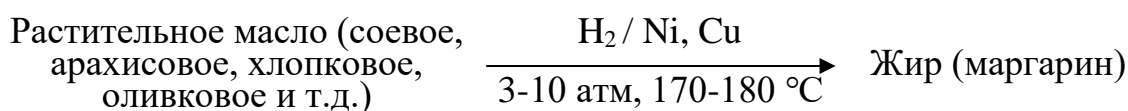
Напротив, растительные масла содержат в основном остатки ненасыщенных кислот и имеют жидкую консистенцию.

В подкожной жировой клетчатке больше насыщенных, а в жирах печени – ненасыщенных кислот. Степень ненасыщенности триглицеридов отражается в количественной характеристике, называемой йодным числом, которое равно количеству йода (в граммах), присоединяющемуся к 100 г жира. Состав природных жиров и масел и их йодные числа различны. Например, в сливочном масле и молоке содержится заметное количество насыщенных жирных кислот с короткой цепью, в льняном масле преобладает линолевая кислота (62%), а в оливковом – олеиновая кислота (84%). Йодное число принимает различные значения, например: 112 (подсолнечное масло) ÷ 124 (кукурузное масло); 101 (хлопковое масло, свиное сало – 59).

Свежесть жира характеризуется кислотным числом – это количество граммов гидроксида калия, идущее на нейтрализацию одного грамма негидролизованного жира. Теоретически кислотное число свежего жира равно нулю. Чем больше кислотное число, тем больше свободных жирных кислот,

тем хуже качество жира. Число омыления равно числу миллиграммов гидроксида калия, идущего на взаимодействие с 1 г гидролизованного жира. Высокое число омыления указывает на присутствие в жире кислот с небольшими молекулами (масляной, капроновой и др.). Малые числа омыления указывают на присутствие более высокомолекулярных кислот (пальмитиновой, стеариновой и др.). Так, число омыления триолеина равно 192.

Ненасыщенные цепи растительных масел можно насытить каталитическим присоединением водорода (этот процесс называется гидрогенизацией жиров):



Глицериды способны вступать во все химические реакции, свойственные сложным эфирам.

В процессе пищеварения сложноэфирные связи триацилглицеридов разрушаются под действием фермента, который вырабатывается поджелудочной железой. Из одной молекулы триацилглицерида образуется одна молекула глицерина и три молекулы карбоновой кислоты.

В живых организмах различают жиры двух видов: протоплазматический, который выполняет структурную функцию, он не расходуется, количество его постоянно, и резервный жир, который содержится в жировых депо (подкожной клетчатке, сальнике, брыжейке), он постоянно расходуется, обновляется. Температура плавления жира человека  $17,5^\circ\text{C}$ , на 80% он состоит из олеиновой кислоты.

Проблема диеты, которая позволит сохранить массу тела в желаемых пределах, возникает в нашей жизни довольно часто. Полный метаболизм пищевых веществ в организме до диоксида углерода и воды сопровождается выделением определенного количества энергии. Для углеводов и белков цифра составляет примерно 19 кДж/г, для жиров – порядка 38 кДж/г.

Высвобождаемая энергия расходуется либо на синтез необходимых организму веществ, движение мускулов и производство тепла, либо запасается впрок, в основном в виде жиров. Если организм получает с пищей больше энергии, чем ему необходимо, начинается рост жировых отложений.

Легко произвести весьма поучительные расчеты того, как питание влияет на массу нашего тела. Будем считать, что для поддержания массы тела на постоянном уровне человеку средних лет каждый день необходимо получать с пищей примерно 8400 кДж. Допустим, что человек съедает на 1% больше пищи, чем ему необходимо. Рассчитаем, на сколько прибавит в весе этот человек за год, с учетом того, что каждые 38 кДж избыточной энергии позволяют организму запасти 1 г жиров:

- 1)  $8400 \cdot 0,01 = 84$  кДж – ежедневный избыток энергии;
- 2)  $84$  кДж  $\cdot$  365 дней = 30 660 кДж/год;
- 3)  $30\ 660$  кДж/год : 38 кДж/г = 800 г/год.

Таким образом, даже столь незначительный избыток пищи (всего 1%!) приводит к отложению почти 1 кг жиров в год. А за 10 лет жировые запасы увеличатся на 8 кг, и человек уже в среднем возрасте будет страдать ожирением.

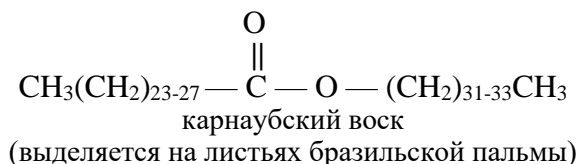
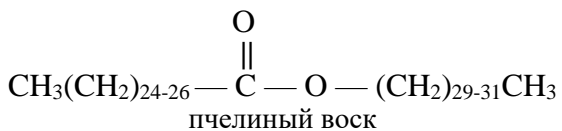
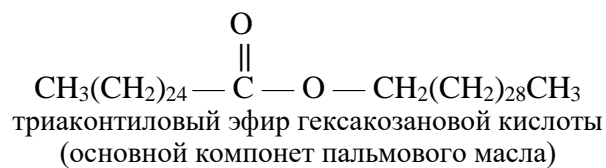
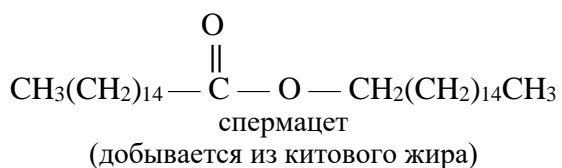
**Воски представляют собой сложные эфиры высших жирных насыщенных монокарбоновых кислот с неразветвлённой цепью и высших одноатомных спиртов также с неразветвлённой цепью.**

В их состав входят остатки кислот, содержащих, как правило, чётное число атомов углерода: пальмитиновая (C<sub>16</sub>), стеариновая (C<sub>18</sub>). Кислоты с меньшим числом атомов углерода (C<sub>12</sub> и C<sub>14</sub>) и с бóльшим (до C<sub>28</sub>) встречаются лишь в небольших количествах.

Спирты в составе восков тоже отличаются большой длиной цепи и чётным числом атомов углерода. В восках преобладают эфиры цетилового, стеарилового, церилового и мирицилового спиртов.

Природные воски (например, пчелиный воск, спермацет) обычно содержат, кроме сложных эфиров, некоторое количество свободных жирных

кислот, спиртов и углеводов.



Воски, как правило, предназначены природой для предохранения тканей от высыхания. Воски могут входить в состав жира, покрывающего кожу, шерсть, перья. Кроме того, они являются главным липидным компонентом многих видов морского планктона.

Пальмовый воск традиционно используется для производства элитных натуральных автомобильных полиролей.

Воск карнауба широко используется для фармацевтической продукции, в дорогих полиролях для паркета и мебели, мрамора, в пищевой промышленности зарегистрирован как пищевая добавка E903, используется как защитное покрытие при транспортировке и хранении фруктов и овощей, содержится в губной помаде, в производстве одноразовой посуды.

### *Сложные липиды – фосфолипиды, гликолипиды*

Фосфолипиды представляют собой сложные эфиры многоатомных спиртов глицерина или сфингозина с высшими жирными кислотами и фосфорной кислотой. В состав фосфолипидов входят также азотсодержащие соединения: холин, этаноламин или серин.

В зависимости от того, какой многоатомный спирт участвует в образовании фосфолипида (глицерин или сфингозин), последние делят на две группы: глицерофосфолипиды и сфингофосфолипиды. Необходимо отметить, что в глицерофосфолипидах либо холин, либо этаноламин или серин соединены эфирной связью с остатком фосфорной кислоты; в составе сфинголипидов обнаружен только холин. Наиболее распространенными в тканях животных являются глицерофосфолипиды.

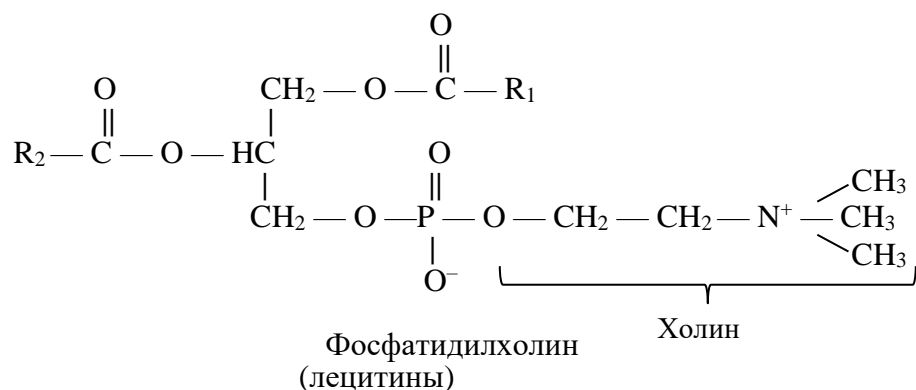


*Глицерофосфолипиды* (или фосфоглицериды, или фосфатиды) широко распространены в растениях, животных и микроорганизмах. Они содержатся во всех тканях и клетках организма. Особенно велико их содержание в клетках нервной ткани. Глицерофосфолипиды являются главными липидными компонентами клеточных мембран.

*Глицерофосфолипиды* являются производными фосфатидной кислоты. В их состав входят глицерин, жирные кислоты, фосфорная кислота и обычно азотсодержащие соединения.

В зависимости от характера азотистого основания, присоединенного к фосфорной кислоте, глицерофосфолипиды подразделяют на:

- фосфатидилсерины (серинкефалины)
- фосфатидилэтаноламины (кефалины)
- фосфатидилхолины (лецитины):

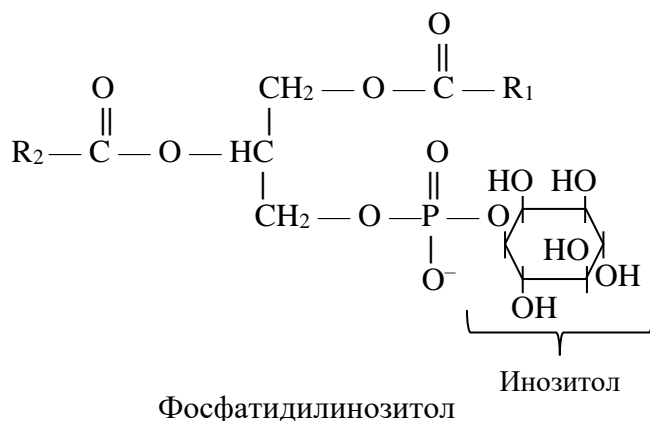


Эти три группы соединений содержат в качестве аминоспиртов, этерифицирующих фосфатидную кислоту, серин (2-амино-3-оксипропановую кислоту), этаноламин (2-аминоэтанол) и холин (2-N,N,N-триметиламиноэтанол). При полном гидролизе 1 моль фосфатидов образуются 2 моль жирной кислоты и по 1 моль глицерина, фосфорной кислоты и аминоксодержащего соединения.

*Фосфатидилэтанолламины* образуются в организме из фосфатидилсеринов при их декарбоксилировании и, в свою очередь, могут превращаться в фосфатидилхолины в результате процессов переметилирования.

Наиболее распространенные глицерофосфолипиды – это лецитины. Они содержатся во всех клетках, преимущественно в биологических мембранах, участвуя в процессах переноса через них различных веществ.

В состав некоторых глицерофосфолипидов вместо азотсодержащих соединений входит не содержащий азота шестиуглеродный циклический спирт инозит, называемый также инозитолом. Эти липиды называются фосфатидилинозитолами:

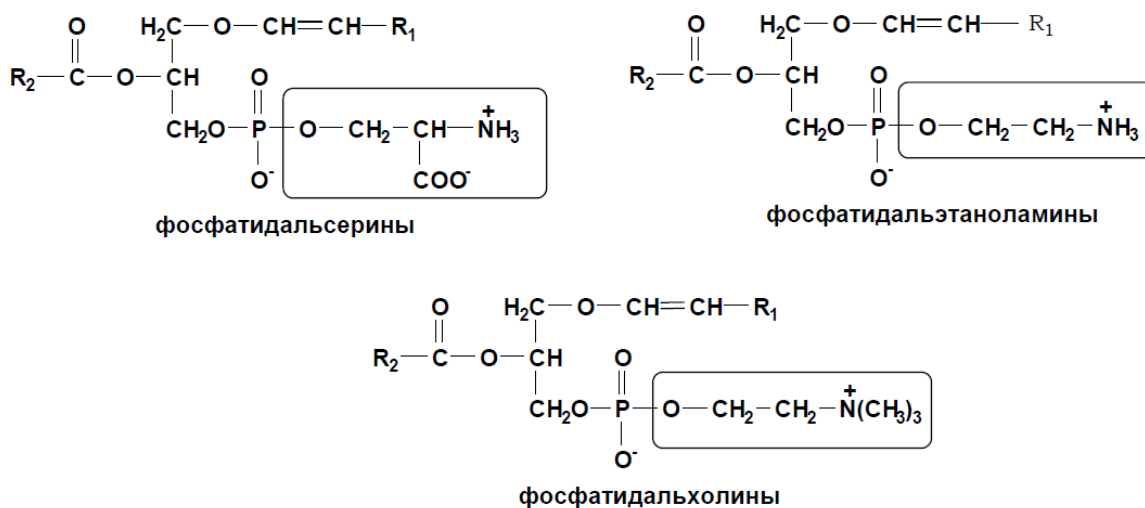


*Фосфатидилинозитолы* довольно широко распространены в природе. Они обнаружены у животных, растений и микроорганизмов. В животном организме найдены в мозге, печени и легких.

При физиологических значениях pH глицерофосфолипиды являются биполярными ионами и существуют обычно в виде цвиттер-ионов, изображённых выше. Вследствие этого ионизованные группировки

фосфатидов образуют высокополярную гидрофильную часть молекулы, в то время как заместители  $R_1$  и  $R_2$  в остатках жирных кислот создают её гидрофобную часть. Именно эта особенность делает триглицериды (и прочие липиды) основными структурными компонентами различных биологических мембран.

*Плазмалогены* от рассмотренных глицеролипидов отличаются тем, что вместо одного остатка высшей жирной кислоты содержат остаток  $\alpha,\beta$ -ненасыщенного спирта, который образует простую связь (в отличие от сложноэфирной связи, образуемой остатком жирной кислоты) с гидроксильной группой глицерина в положении С-1. Основными подклассами плазмалогенов являются фосфатидальхолины, фосфатидальэтанолламины и фосфатидальсерины:

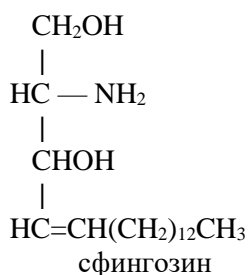


В разбавленных кислотах плазмалогены гидролизуются с образованием альдегида соответствующего  $\alpha,\beta$ -ненасыщенного спирта, т. е. при кислотном гидролизе плазмалогенов образуются «жирные» альдегиды, называемые плазмалями, что и легло в основу термина «плазмалоген». Плазмалогены составляют до 10% фосфолипидов мембран нервной ткани, особенно много их в миелиновых оболочках нервных клеток.

Своеобразным представителем глицерофосфолипидов является кардиолипин, впервые выделенный из сердечной мышцы. По своей химической структуре кардиолипин можно рассматривать как соединение, в котором две молекулы фосфатидной кислоты связаны с помощью одной

молекулы глицерина. В отличие от остальных глицерофосфолипидов, кардиолипин является как бы «двойным» глицерофосфолипидом. Кардиолипин локализован во внутренней мембране митохондрий и, в отличие от других фосфолипидов, обладает иммунными свойствами.

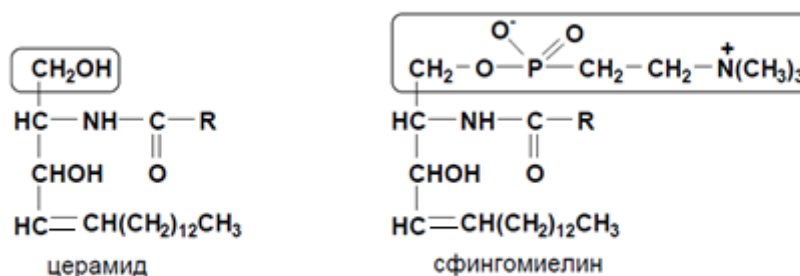
*Сфинголипиды.* Структура сфингозина напоминает структуру глицерина.



Сфингозины встречаются в составе двух типов сфинголипидов – церамидов и сфингомиелинов.

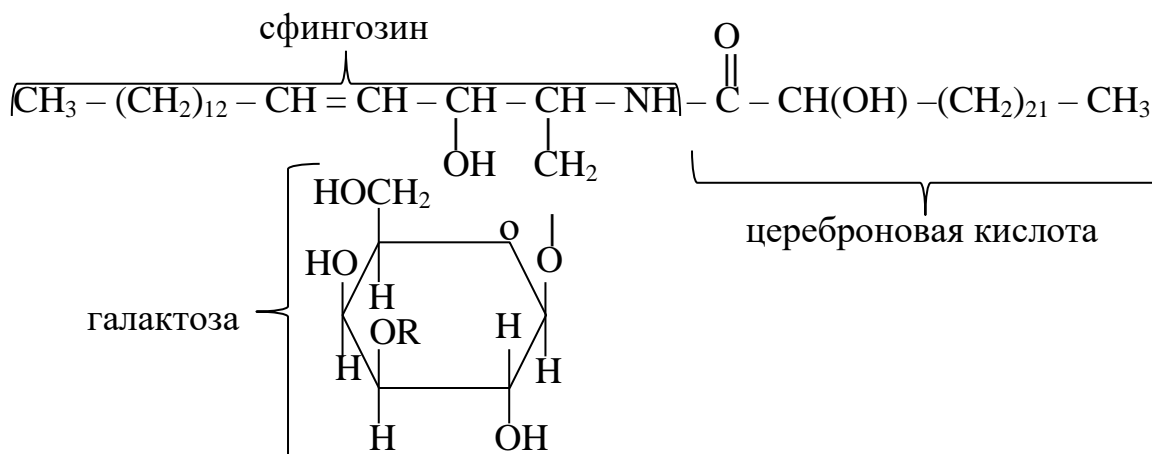
In vivo церамиды являются предшественниками сложных липидов сфингомиелинов, цереброзидов, ганглиозидов и др.

*Сфингомиелины* отличаются от церамидов наличием фосфорилхолинового остатка, замещающего атом водорода в первичной спиртовой группе.



Так же как и фосфатидилхолины, сфингомиелины содержат в своих молекулах ионную фосфорилхолиновую группировку и две длинные гидрофобные углеводородные цепи. Сфингомиелины обнаружены в нервной ткани, среди липидов крови и во многих других тканях.

*Гликолипиды.* Гликолипиды — сложные липиды, содержащие углеводный фрагмент. В животных тканях гликолипиды представлены в основном гликосфинголипидами, состоящими из церамида, построенного из спирта сфингозина и остатка жирной кислоты, остатков сахаров.



Химическая структура цереброзида (R = H) и  
сульфата цереброзида (R = SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

К гликолипидам относятся галактозилцерамиды, глюкозилцерамиды. Галактозилцерамиды встречаются в основном в нервной ткани, содержат гексозу и жирные кислоты с 24 углеродными атомами (лигноцериновую, нервоновую или цереброновую). Сульфогалактозилцерамиды имеют в своем составе остаток серной кислоты, присоединенный к третьему углеродному атому гексозы. Сульфогалактозилцерамиды содержатся в белом веществе мозга. Глюкозилцерамиды содержат вместо остатка галактозы остаток глюкозы.

Гликолипиды накапливаются в аномально больших количествах при некоторых заболеваниях, сопровождающихся нарушениями липидного обмена. Эти соединения в наибольших количествах содержатся в миелиновых оболочках нервов и в белом и сером веществе мозга.

### *Неомыляемые липиды*

К этой группе соединений относятся вещества, извлекаемые из природных источников (тканей растений и животных) органическими растворителями, но не распадающиеся на более мелкие молекулы при кислотном и щелочном гидролизе.

Неомыляемые липиды представляют собой группу нейтральных веществ, которую можно разделить, сообразуясь с особенностями структуры,

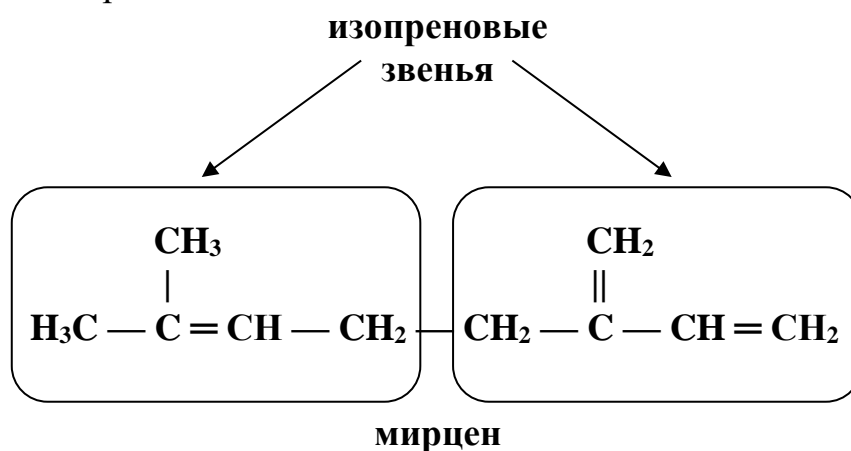
на терпеноиды и стероиды.

Терпены. При отгонке с водяным паром из измельченных листьев, лепестков или семян некоторых растений могут быть выделены так называемые эфирные масла. Это сильно и зачастую приятно пахнущие жидкости, поэтому многие из них широко применяются в парфюмерии, фармации, кондитерской промышленности (розовое, лимонное, лавандовое масла, масло жасмина и др.).

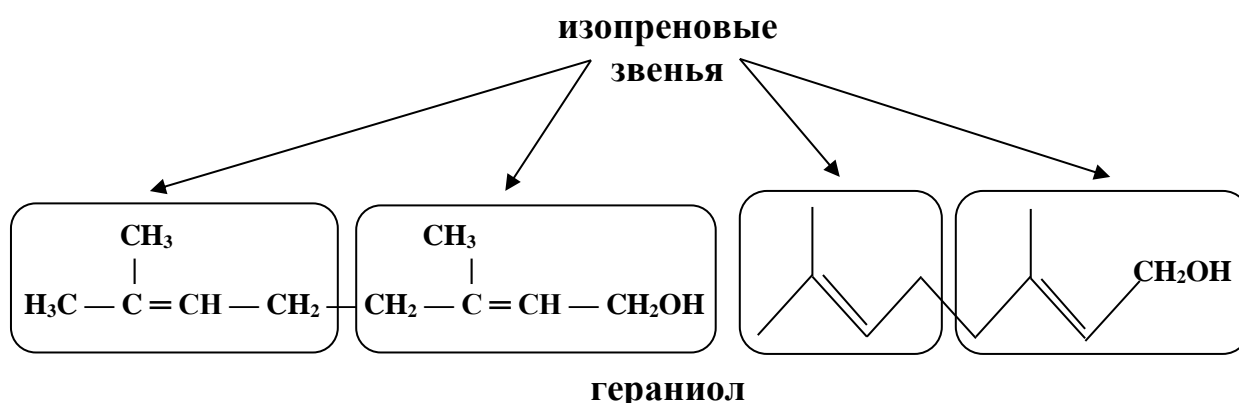
Большинство из них представляет собой сложную смесь углеводородов терпенов и их кислородсодержащих производных – терпеноидов.

К терпеноидам относят ненасыщенные углеводороды и их разнообразные функциональные производные, отличительной чертой которых является наличие повторяющихся звеньев со скелетом изопрена (2-метилбутадиена-1,3).

Например, в эфирном масле хмеля содержится мирцен – представитель алифатических терпенов:

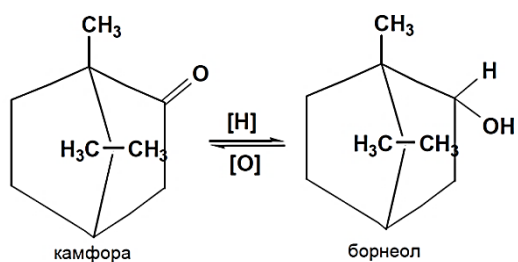


В химии терпенов принято изображение формул без обозначения атомов водорода и углерода, позволяющее более чётко видеть скелет молекулы. В эфирном масле герани содержится алифатический терпеноид – спирт, родственный мирцену, – гераниол:



Терпены могут иметь как открытые цепи, так и цепи, замкнутые в кольца и образующие моноциклические, бициклические и трициклические структуры.

К бициклическим структурам относится, например, камфора, с древних времен употребляемая как лекарство для стимулирования работы сердца. Восстановление камфоры приводит к природному спирту – борнеолу, который при окислении снова дает камфору:

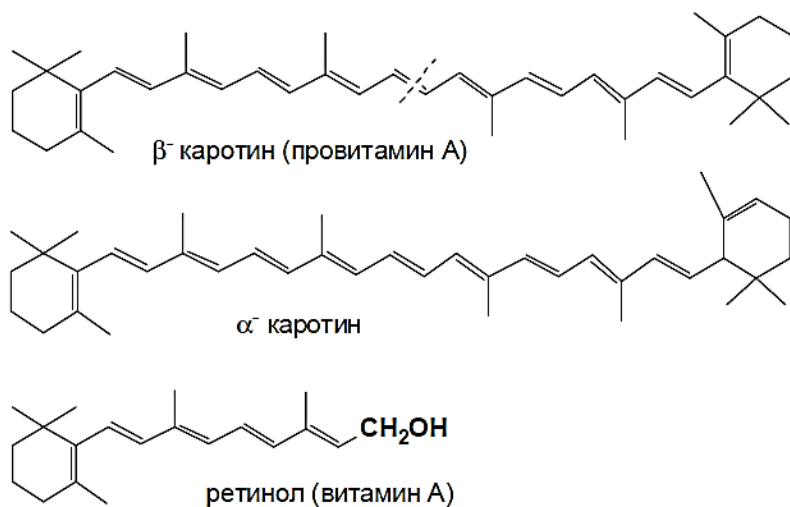


Общая формула терпеновых углеводородов  $(C_5H_8)_n$ . Содержание водорода может оказаться ниже или выше, но число атомов углерода и в углеводородах, и в функциональных

производных терпенового ряда всегда соответствует формуле изопреноида.

Некоторые соединения, являющиеся необходимыми компонентами пищи (например, витамин Е, витамин К и кофермент Q), содержат терпеновые боковые цепи.

Среди терпеноидов наибольший интерес представляют тетратерпены  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротины ( $C_{40}H_{56}$ ) – представители большой группы каротиноидов и дитерпеновый спирт ретинол – витамин А ( $C_{20}H_{29}OH$ ):



Строение  $\alpha$ -каротина отличается от строения  $\beta$ -каротина иным расположением двойной связи в одном из колец.  $\beta$ -каротин содержится в

желтых и красных овощах. В организме человека он превращается в витамин А (ретинол), который необходим для нормальной работы глаз.

Витамин А представляет собой светло-желтую маслянистую жидкость, хорошо растворим в жирах. Его молекула соответствует точно половине молекулы β-каротина, причем к месту разрыва по двойной связи в центре молекулы (в формуле обозначена пунктиром) присоединены гидроксильная группа и атом водорода. Все двойные связи витамина А имеют транс-конфигурацию (иногда обозначают all-trans или олл-транс).

*Витамин А* содержится в коровьем молоке, масле, яичном желтке, рыбьем жире, в большинстве овощей и фруктов. Он является фактором роста. Недостаток витамина А вызывает резкое исхудание, высыхание роговицы глаз и понижение сопротивляемости организма инфекциям. Витамин А генетически связан со светочувствительным пигментом родопсином, находящимся в органах зрения (рис. ).

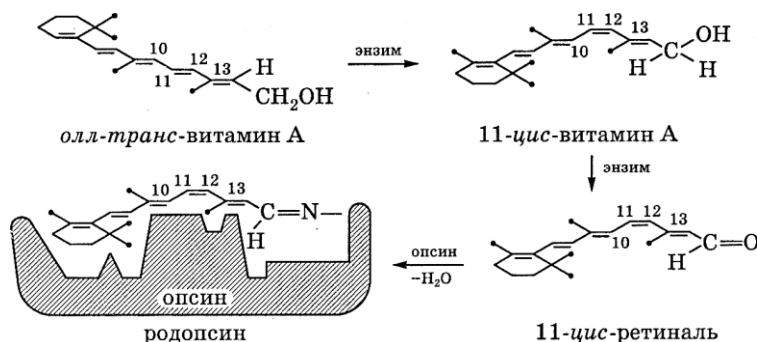
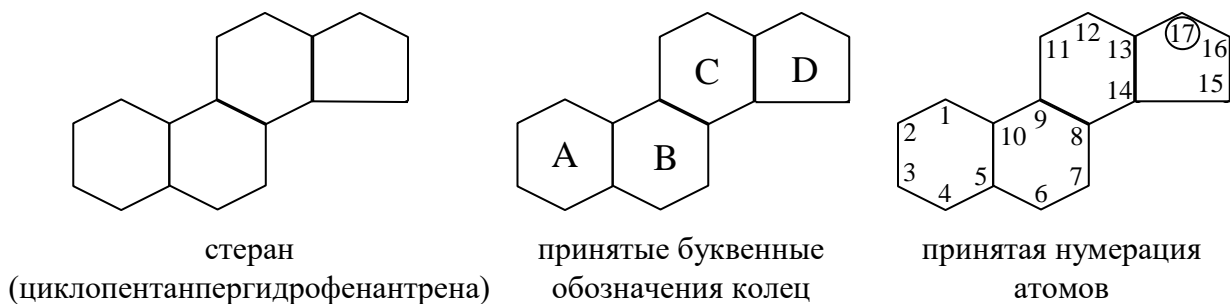


Рис.2. Генетическая связь витамина А с родопсином

*Стероиды.* Вторую крупную группу соединений, относимых к неомыляемым липидам, составляют стероиды. В основе стероидов лежит остов стерана (или гонана, или циклопентанпергидрофенантрена, т. е. полностью гидрированного фенантрена, конденсированного с циклопентаном).

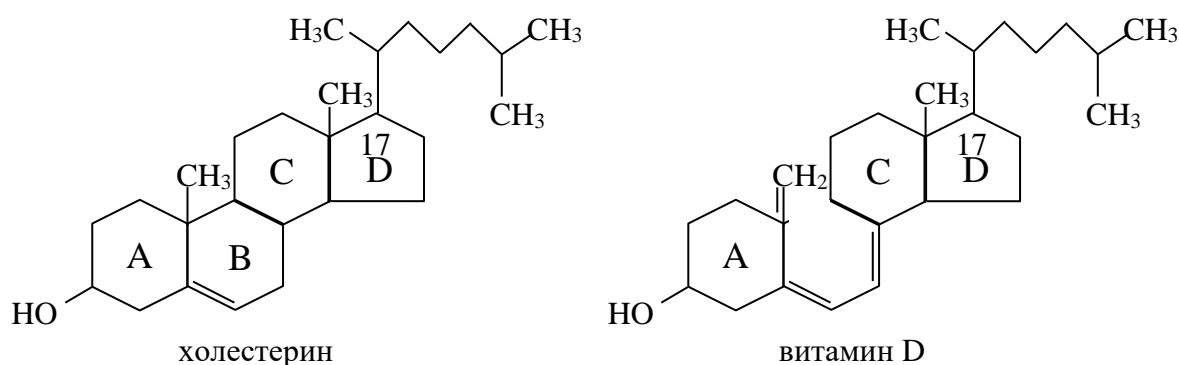




Для классификации стероидов оказалось удобным разделить их на группы в зависимости от длины цепи алифатического заместителя при атоме  $C_{17}$  в кольце D.

Стеринами называется группа одноатомных полициклических спиртов, содержащих в боковой цепи от 8 до 10 атомов углерода. Стерины широко распространены как в животном, так и в растительном мире.

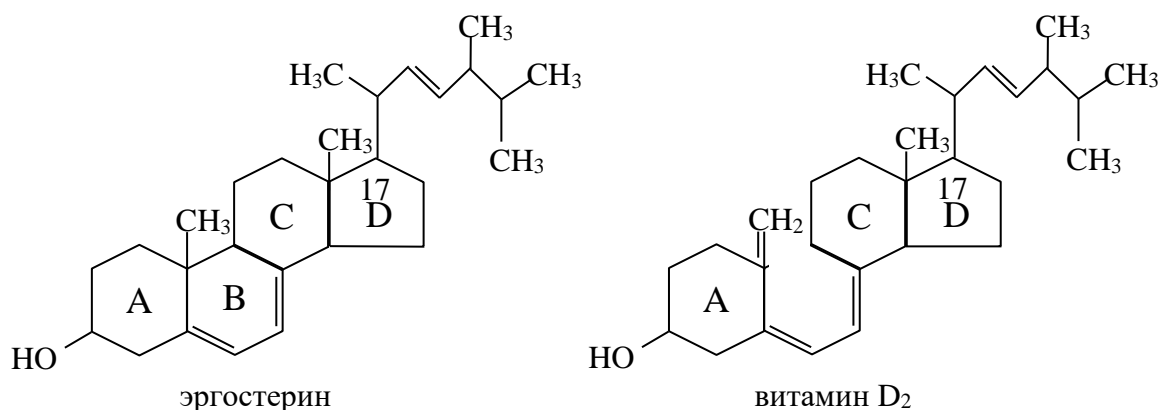
Наиболее известным стеринном является холестерин – стерин животного происхождения (от греч. chole – желчь, stereos – твердый)  $C_{27}H_{45}OH$ :



Впервые холестерин был выделен из желчных камней, главной составной частью которых он является. В крови животных только треть холестерина существует в виде свободного спирта, остальной холестерин этерифицирован ненасыщенными жирными кислотами. Он содержится частично в виде эфиров почти во всех органах человека, но особенно в больших количествах в мозге, в веществе нервов и в клеточных мембранах.

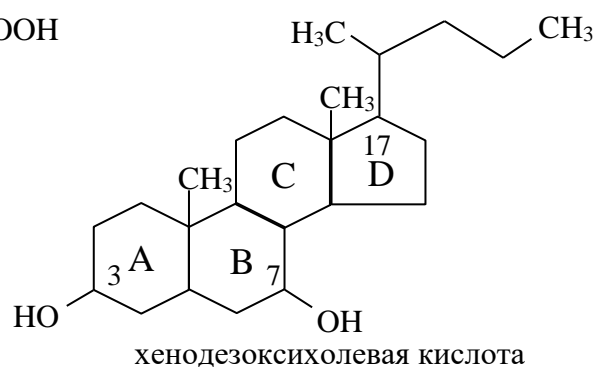
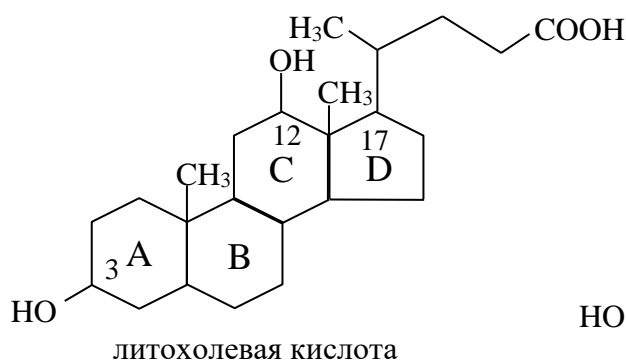
Холестерин – вторичный спирт, содержащий одну двойную связь в кольце B.

К стеринам относится и эргостерин  $C_{28}H_{43}OH$  – стерин растительного происхождения. Его можно выделить из дрожжей:



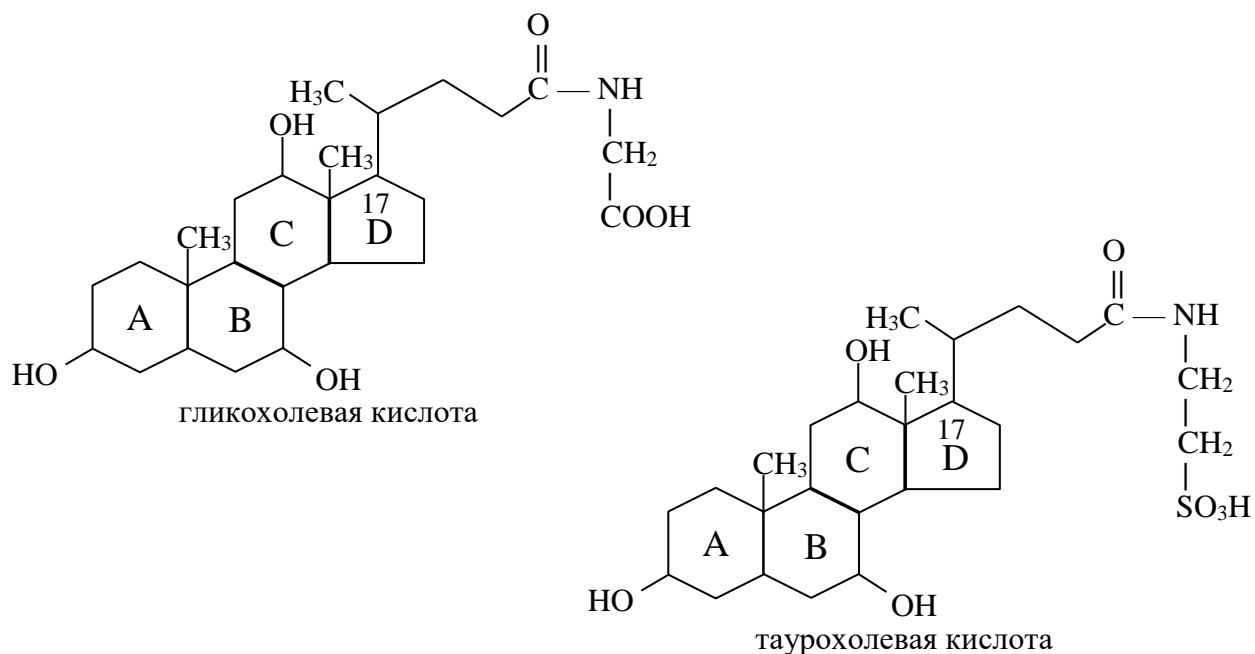
При ультрафиолетовом облучении эргостерин фотоизомеризуется в витамин D<sub>2</sub> (кальциферол) поэтому эргостерин считается провитамином D<sub>2</sub>. Кальциферол, называемый также эргокальциферолом, обладает, как и витамин D, мощным противорахитным действием.

*Желчные кислоты.* В желчных кислотах заместитель при C<sub>17</sub> содержит пять атомов углерода. Желчные кислоты вырабатываются печенью. Из желчи человека выделены холевая, дезоксихолевая, литохолевая и хенодезоксихолевая кислоты:



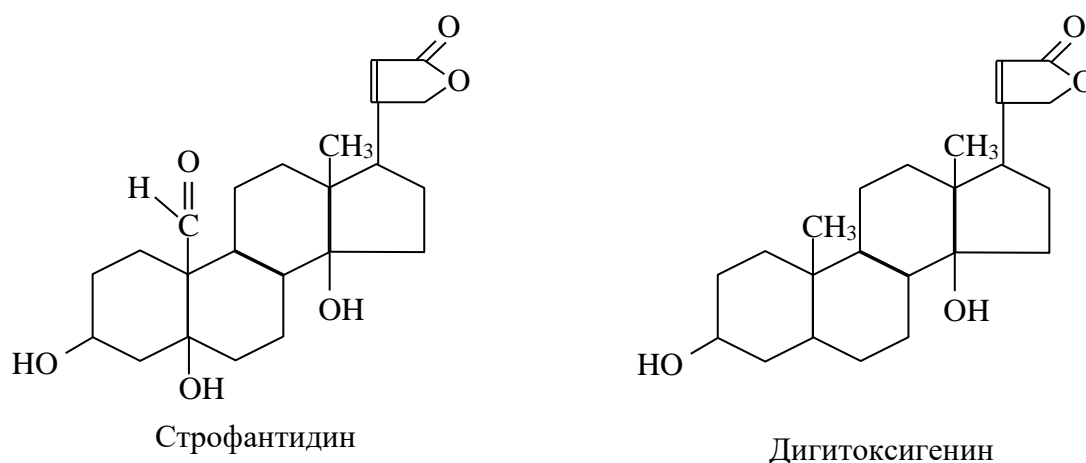
### ***В желчи желчные кислоты***

обычно амидированы аминокислотами глицином и таурином (2-аминоэтан-1-сульфоновой кислотой). Образующиеся при этом холилглицин (гликохолевая кислота) и хоиллтаурин (таурохолевая кислота) в виде солей со щелочными металлами хорошо растворимы в воде и благодаря своим поверхностно-активным свойствам действуют как эмульгаторы жиров пищи и облегчают усвоение жиров в кишечнике. Одновременно они активируют фермент липазу, катализирующий гидролитический распад жиров.



*Сердечные гликозиды.* В различных видах строфанта, наперстянки, ландыша и горицвета содержатся вещества, являющиеся возбуждителями работы сердца, которые используются в кардиологии, но в больших дозах являются ядами.

Стероидная часть в этих соединениях играет роль агликона в некоторых моно- или олигосахаридах. Наиболее распространёнными стероидами этого типа являются дигитоксигенин и строфантиндин:



Специфическое действие сердечных гликозидов обусловлено влиянием агликонов, однако сахара, образующиеся одновременно с ними при ферментативном гидролизе, усиливают действие генинов, влияя на их

растворимость и, следовательно, всасывание и фиксацию сердечной мышцей.

*Стероидные гормоны* выделяются половыми железами и корой надпочечников. В организме они играют исключительно важную роль, регулируя процессы обмена веществ, роста, размножения и старения.

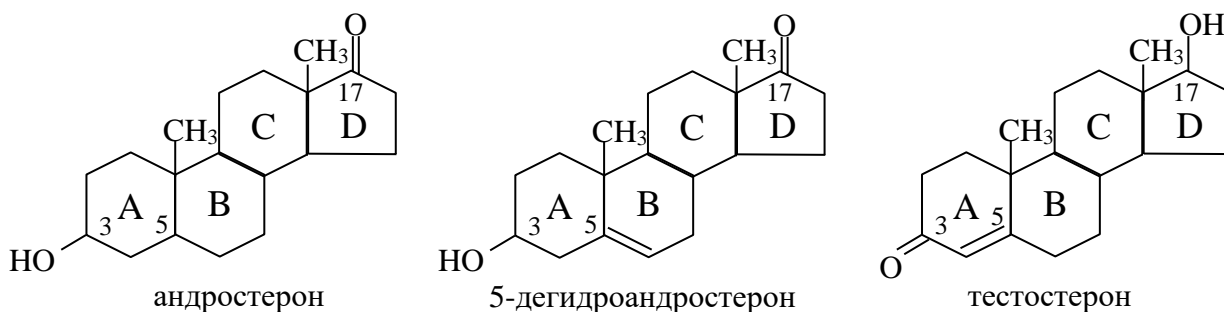
В зависимости от числа атомов углерода в молекуле и биологического действия стероидные гормоны разделяются на половые и кортикоидные гормоны.

Половые гормоны выделяются гипофизом и половыми железами, от них зависит развитие специфических мужских и женских половых признаков и нормальное функционирование органов размножения.

К ним относятся:

**Андрогены** – мужские половые гормоны (содержат 19 атомов углерода).

Первыми андрогенами, выделенными в 1934 г., были андростерон и 5-дегидроандростерон. Позднее из бычьих семенников был изолирован важнейший из андрогенов – тестостерон:

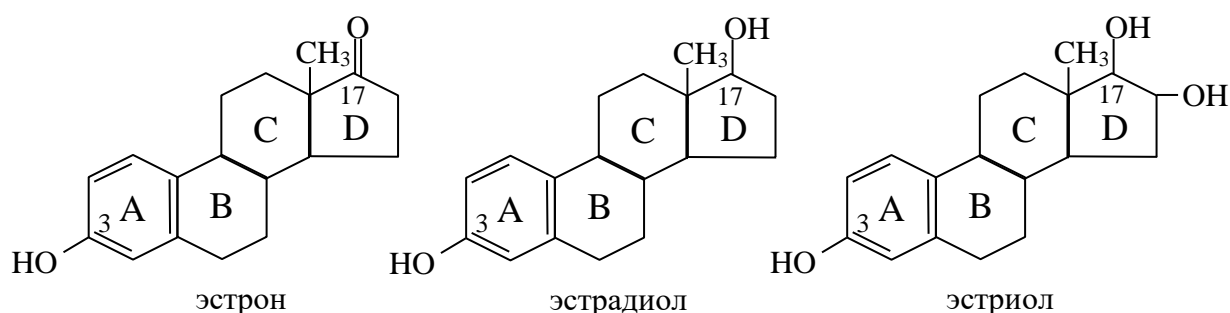


Андрогены вырабатываются в семенных яичках, хотя небольшое их количество продуцируется также надпочечниками и яичниками. Они контролируют развитие мужских вторичных половых признаков, процесс сперматогенеза в семенных канальцах семенников, возникновение и поддержание полового влечения. В эмбриональном периоде андрогены служат фактором половой дифференциации. Кроме того, андрогены участвуют в функционировании многих систем, не связанных с половой функцией, в частности обладают анаболическим эффектом, снижают функцию тимуса.

Эстрогены – женские половые гормоны (содержат 18 атомов углерода).

**Эстрогены**, или фолликулярные гормоны, представляют собой стероидные гормоны, вырабатываемые преимущественно в граафовых пузырьках яичников. Во время беременности они образуются и в плаценте. Эти вещества считаются женскими половыми гормонами, ибо их основная роль заключается в обеспечении репродуктивной функции женского организма. Своё название эстрогены получили потому, что при введении кастрированным самкам вызывали течку (эструс).

Самыми важными эстрогенами являются эстрон, эстрадиол и эстриол:



**Гестагены** – женские половые гормоны (гормоны беременности).

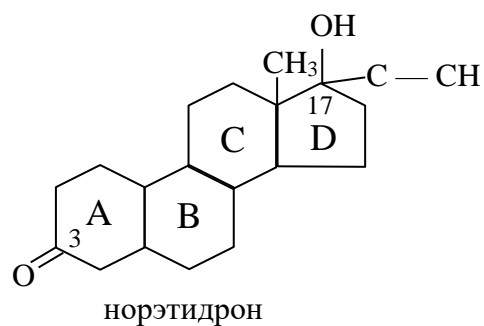
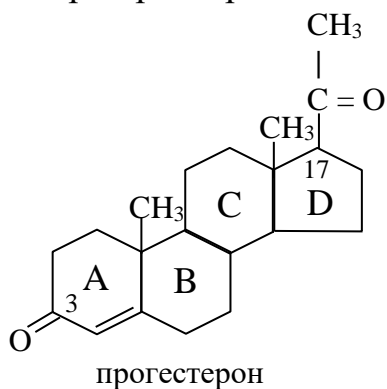
Гестагены отличаются от структур эстрогенов. Помимо желтого тела, они вырабатываются также в надпочечниках и вместе с эстрогенами регулируют менструальный цикл.

Основным гестагеном, функционирующим в женской репродуктивной системе, является прогестерон, который делает матку восприимчивой к внедрению оплодотворённой яйцеклетки.

**Прогестерон** и его синтетические аналоги используют для предотвращения преждевременного самопроизвольного прекращения беременности. Кроме того, гестагены затрудняют овуляцию в беременной матке, что сделало эти гормоны основой для разработки оральных контрацептивов.

После того как роль важнейших половых гормонов в организме человека и животных в общих чертах была выяснена, стало возможным регулировать процессы беременности, вмешиваясь в деятельность природных гормонов в организме. Появились первые гормональные противозачаточные препараты,

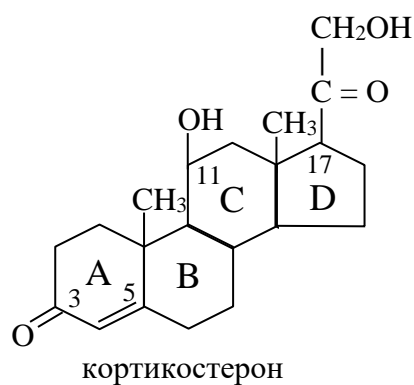
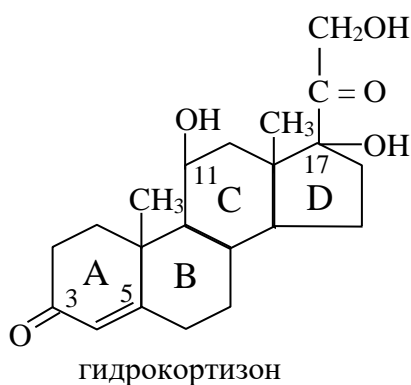
например норэтидрон.



**Кортикоиды** – гормоны коры надпочечников (содержат 21 атом углерода).

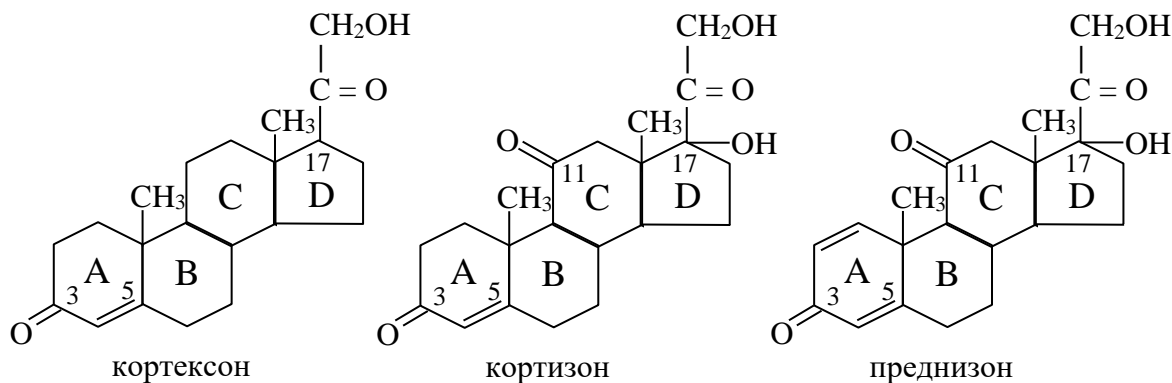
Кора надпочечников человека вырабатывает до 40 кортикоидных гормонов, которые регулируют углеводный обмен – глюкокортикоиды и минеральный обмен – минералкортикоиды.

Недостаток любого из них приводит к серьезным нарушениям обмена веществ. Наиболее распространёнными и биологически важными соединениями среди глюкокортикоидов являются гидрокортизон и кортикостерон:



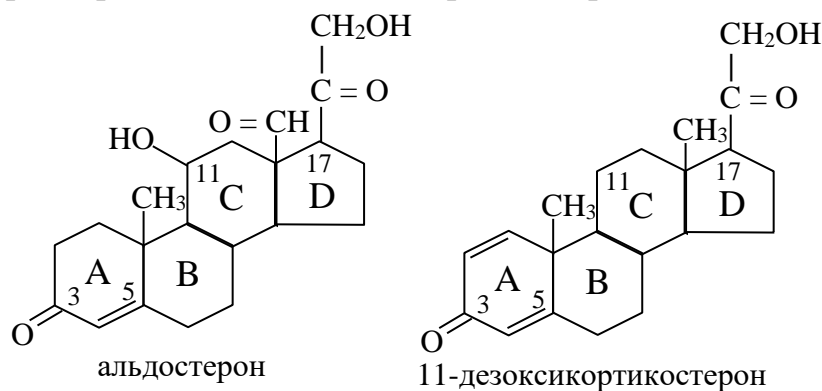
Эти вещества действуют как антагонисты инсулина и повышают содержание сахара в крови, инициируя процессы глюконеогенеза в печени, а также препятствуя использованию глюкозы в мускульных тканях. В отношении водного и солевого обменов эти соединения менее активны, чем минералкортикоиды. Глюкокортикоиды оказывают противовоспалительное, десенсибилизирующее и антиаллергическое воздействие, но в то же время являются иммунодепрессантами.

**К группе глюкокортикоидов** относятся также кортексон и вещества с тремя карбонильными группами: кортизон и преднизон, обладающие антиревматическим, противовоспалительным и антиаллергическим действием:

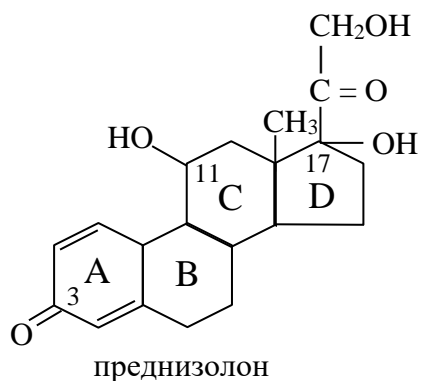


Мази с этими веществами широко используются для лечения болезней кожи.

Наиболее важным среди минералокортикоидов является альдостерон, который более активен в отношении водно-солевого обмена, чем другой минералкортикоид 11-дезоксикортикостерон:



Эти соединения вызывают задержку в организме ионов натрия и повышение выделения ионов калия, вследствие чего увеличивается гидрофильность тканей и задержка воды в них.



При недостатке минералокортикоидов в организме резко нарушается падение обратного всасывания ионов натрия в почечных канальцах и, как следствие, задержка в организме ионов калия и падение осмотического давления крови. Удаление ионов натрия и калия из тока крови приводит к удалению воды из кровеносного

русла и сгущению крови.

Увеличение содержания минералокортикоидов повышает тонус и улучшает работоспособность мышц, причём по способности задерживать выделение натрия альдостерон в 25 раз превосходит дезоксикортикостерон и в 300 раз более активен, чем кортизол.

Развитие химии стероидов позволило вплотную подойти к промышленному синтезу важнейших стероидных систем. Некоторые из синтетических стероидов, например преднизолон, оказались даже более активными, чем природные гормоны.

Ряд стероидов природного происхождения выполняет и другие функции в живых организмах.