

ЛІПІДИ ЛИПИДЫ

Ліпіди – це велика, неоднорідна за складом група органічних сполук, які утилізуються живими організмами і характеризуються рядом спільних ознак:

- 1) Не розчиняються у воді, але гарно розчиняються в неполярних чи мало полярних органічних розчинниках (бензен, гас, ацетон, хлороформ, петролейний естер, метиловий і етиловий спирти, сірковуглець CS_2 тощо); причому, розчинність окремих ліпідів є селективною (вибірковою) – на цьому базуються методи їх відділення один від одного;
- 2) Містять в молекулі одночасно полярну гідрофільну групу (яка змочується водою) і неполярну гідрофобну групу (яка відштовхує воду). Завдяки своїй біполярності ліпіди, що є компонентами кліткових мембран, забезпечують односторонню проникливість і перенос речовин крізь кліткові мембрани (рис. 1, рис. 2);

Липиды - это большая, неоднородная по составу группа органических соединений, которые утилизируются живыми организмами и характеризуются рядом общих признаков:

1) Не растворяются в воде, но хорошо растворяются в неполярных мало полярных органических растворителях (бензол, керосин, ацетон, хлороформ, петролейный эфир, метиловый и этиловый спирты, сероуглерод CS_2 и т.д.); причем, растворимость отдельных липидов селективной (избирательной) - на этом основаны методы их отделения друг от друга;

2) содержат в молекуле одновременно полярную гидрофильную группу (которая смачивается водой) и неполярную гидрофобную группу (которая отталкивает воду). Благодаря своей биполярности липиды, являющиеся компонентами клеточных мембран, обеспечивают одностороннюю проницаемость и перенос веществ через клеточные мембраны (рис. 1, рис. 2);

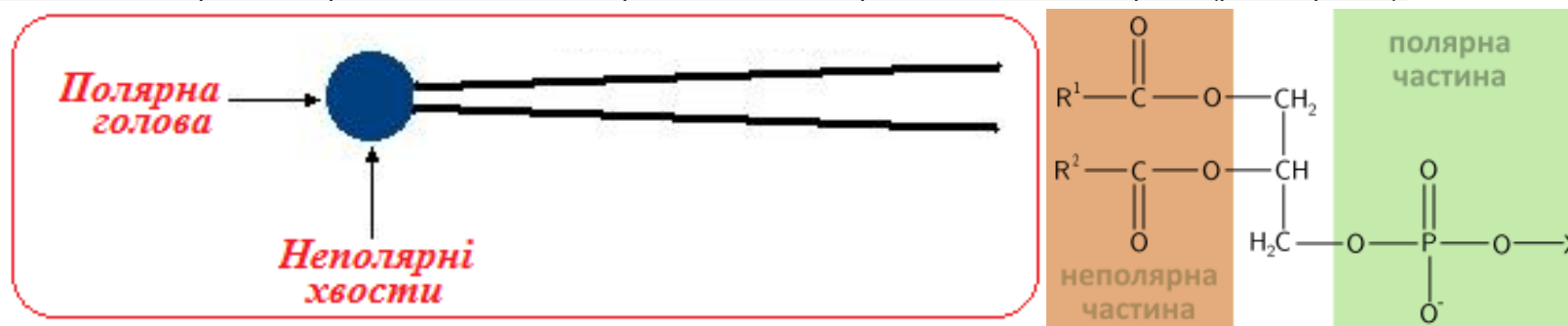


Рисунок 1 – Схематична модель молекули фосфоліпиду і загальна структурна формула

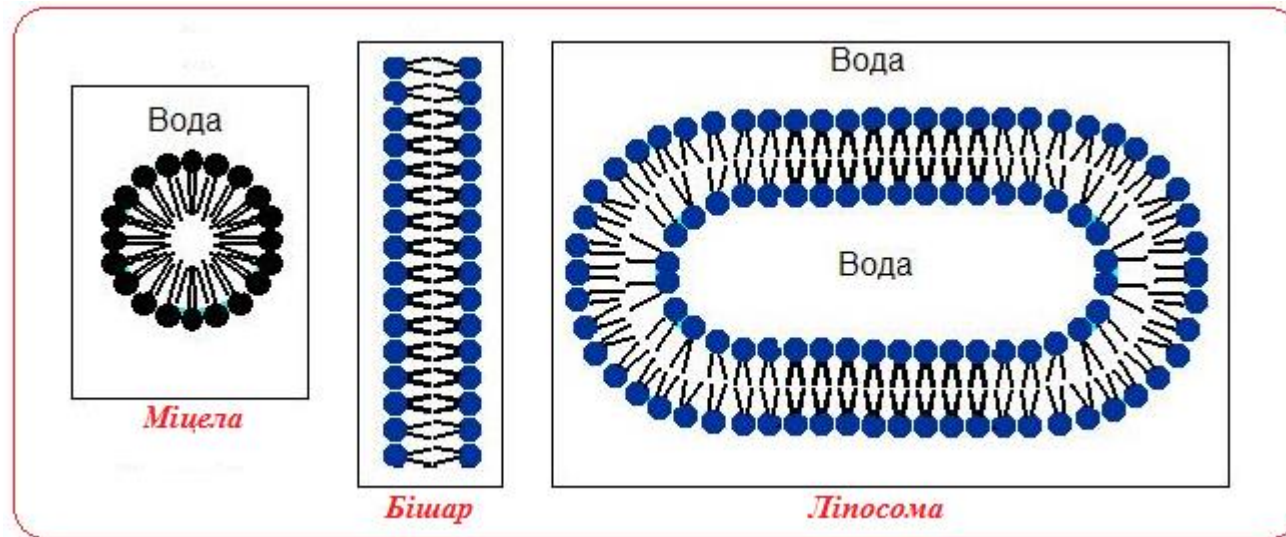


Рисунок 2 – Структури, що утворені фосфоліпідами

- 3) Здатні утворювати складні комплекси з білками і вуглеводами, що зумовлює їх роль у біосинтезі білків;
- 4) У процесах окислення *in vivo* виконують функцію субстрату, за рахунок чого забезпечують організм енергією (удвічі більше порівняно з вуглеводами і білками).

Функції ліпідів у живих організмах є дуже різноманітними: жири є формою запасання енергії, фосфоліпіди та стероїди входять до складу біологічних мембран. Інші ліпіди можуть бути коферментами, світлопоглинаючими пігментами, переносниками електронів, гормонами або іншими сигнальними молекулами (вторинними посередниками під час внутрішньоклітинної передачі сигналу), гідрофобними «якорями», що утримують білки біля мембран, емульгаторами у шлунково-кишковому тракті, водовідштовхуючими речовинами покривів, можуть забезпечувати термоізоляцію, зміну плавучості тощо.

Функции липидов в живых организмах очень разнообразными: жиры являются формой запасания энергии, фосфолипиды и стероиды входят в состав биологических мембран. Другие липиды могут быть коферментами, светопоглощающего пигментами, переносчиками электронов, гормонами или другими сигнальными молекулами (вторичными посредниками при внутриклеточной передаче сигнала), гидрофобными «якорями», которые содержат белки у мембран, эмульгаторами в желудочно-кишечном тракте, водоотталкивающими веществами покровов, могут обеспечивать термоизоляция, изменение плавучести и тому подобное.

§1 КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІПІДІВ

Залежно від здатності до гідролізу ліпіди поділяють на дві основні категорії:

- I. ОМИЛЮВАНІ ЛІПІДИ**, які внаслідок гідролізу у лужному середовищі утворюють сполуки, що належать до двох чи більше класів органічних речовин, один з яких – солі вищих карбонових кислот (так звані «мила»). Розглядають *прості і складні омилювані ліпіди*, які у свою чергу поділяють на більш дрібні фракції (рис. 3);
- II. НЕОМИЛЮВАНІ ЛІПІДИ**, які взагалі не піддаються гідролізу ні у лужному, ні у кислотному середовищі. Неомилювані ліпіди представлені двома основними типами: *стероїди і терпени* (рис. 3). Корисно знати, що часто до неомилюваних ліпідів відносять і *ЛІПОЇДИ* – *низкомолекулярні біорегулятори*, а саме: *жиророзчинні вітаміни, гормони, окремі коферменти, простангладіни* (фізіологічно активні речовини, які утворюються *in vivo* фізіологічним шляхом з жирних кислот, що містять в основному ланцюгу 20 атомів С, і відіграють роль медіаторів).

§1 Классификация ЛИПИДОВ

В зависимости от способности к гидролизу липиды разделяют на две основные категории:

- 1. ОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ**, которые вследствие гидролиза в щелочной среде образуют соединения, которые принадлежат к двум или более классов органических веществ, один из которых - соли высших карбоновых кислот (так называемые «мыла»). Рассматривают простые и сложные омыляемого липиды, которые в свою очередь делятся на более мелкие фракции (рис. 3);
- 2. НЕОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ**, которые вообще не подвергаются гидролизу ни в щелочной, ни в кислотной среде. Неомыляемые липиды представлены двумя основными типами: *стероиды и терпены* (рис. 3). Полезно знать, что часто в неомыляемые липидов относят и *липоидов* - *низкомолекулярные биорегуляторы*, а именно: *жирорастворимые витамины, гормоны, отдельные коферменты, простангладины* (физиологически активные вещества, которые образуются *in vivo* физиологическим путем из жирных кислот, содержащих в основной цепи 20 атомов С и играют роль медиаторов).

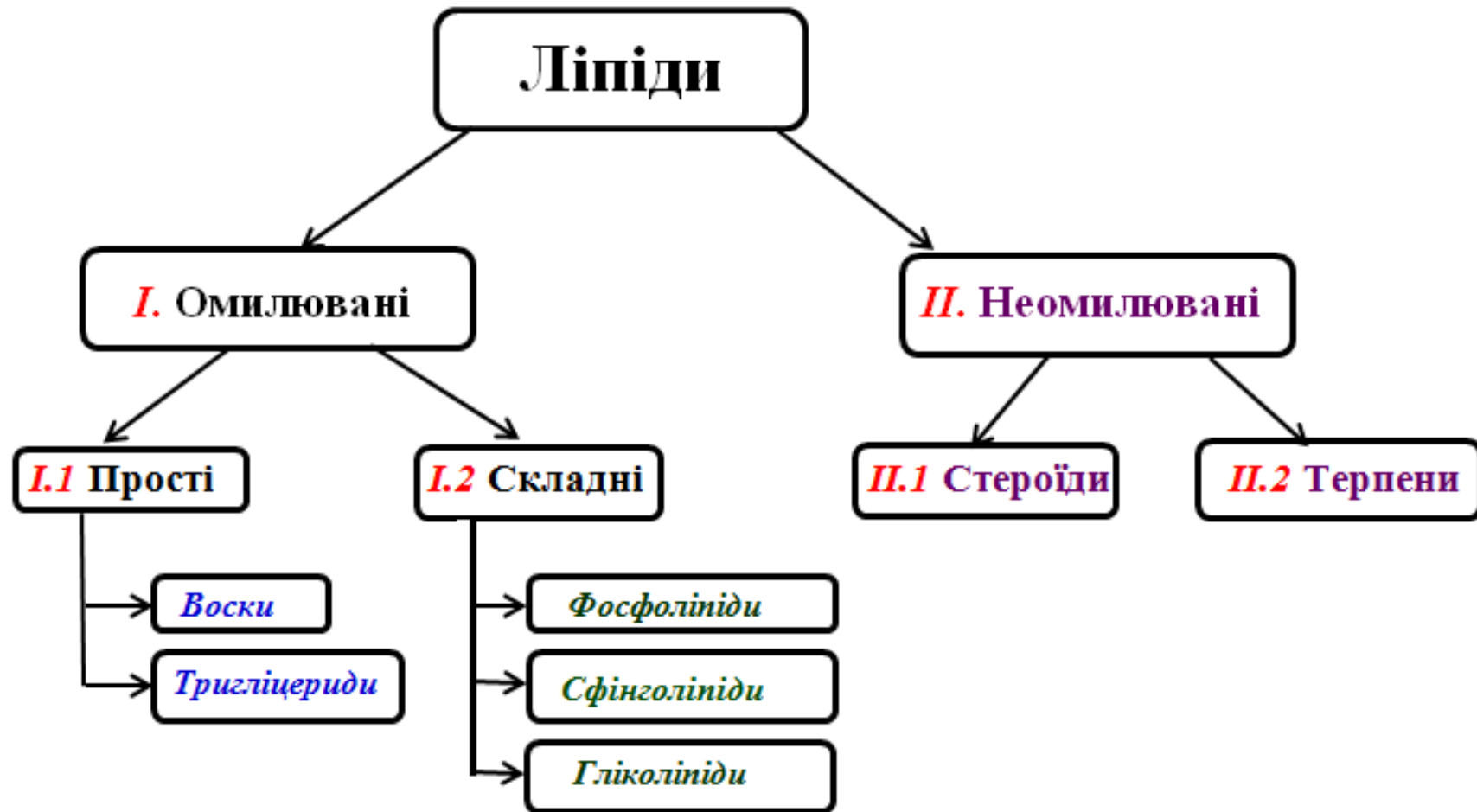


Рисунок 3 – Класифікація ліпідів

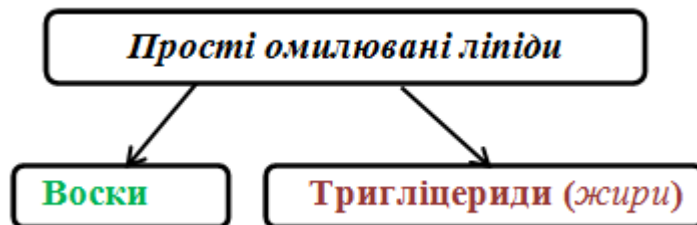
§ 2 ПРОСТІ ОМИЛЮВАНІ ЛІПІДИ

Як вже зазначалося, омилювані ліпіди бувають *простими і складними*.

Прості омилювані ліпіди належать до двохкомпонентних речовин – це означає, що внаслідок їх гідролізу утворюються сполуки двох класів.

Как уже отмечалось, омыляемого липиды бывают простыми и сложными.

Простые омыляемого липиды относятся к двухкомпонентных веществ - это значит, что в результате их гидролиза образуются соединения двух классов.

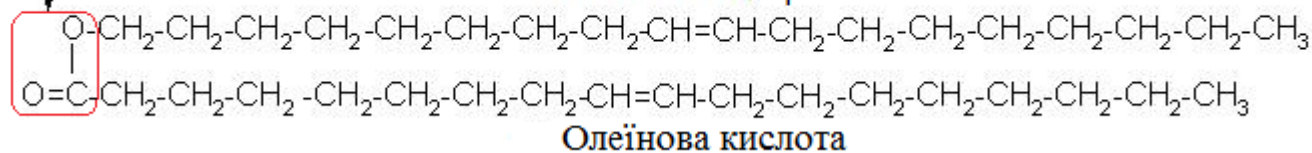


§ 2.1 Воски

Воски – це прості ліпіди природного походження, які за хімічним складом належать до естерів, утворених вищими монокарбоновими кислотами (14-36 атомів С у ланцюгу) і вищими спиртами (16-22 атома С у ланцюгу) – див. табл. 1. Як приклад воску можна навести естер, утворений олеїноювою кислотою і олеїновим спиртом:

§2.1 **Воски** - это простые липиды природного происхождения, которые по химическому составу относятся к эфиром, образованных высшими монокарбоновыми кислотами (14-36 атомов С в цепи) и высшими спиртами (16-22 атома С в цепи) - см.табл. 1. В качестве примера воска можно привести Эстер, образованный олеиновой кислотой и олеиновой спиртом:

Естерний
зв'язок



Надзвичайно рідко у восках зустрічаються залишки вищих дикарбонових кислот і вищих ненасичених чи циклічних спиртів (наприклад, у риб'ячому і кітовому жирах).

Очень редко в восках встречаются остатки высших дикарбоновых кислот и высших ненасыщенных или циклических спиртов (например, в рыбьячому и Китов жирах).

Таблиця 1 – Найбільш поширені карбонові кислоти і вищі спирти, що входять до складу восків

Карбонові кислоти			Спирти		
Скорочена структурна формула	Назва	Приклад воску, що містить залишок кислоти	Скорочена структурна формула	Назва	Приклад воску, що містить залишок спирту
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Пальмітинова	Бджолиний воск, спермацет	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_2-\text{OH}$	Цетиловий	Спермацет
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$	Лігноцеринова	Воск пальми	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{18}-\text{CH}_2-\text{OH}$	Арахідиловий	Горіховий воск

Залежно від походження воски поділяють на окремі типи (табл. 2).

Таблиця 2 – Класифікація восків

Тип воску	Тваринні воски	Рослинні воски	Викопні воски
Приклад	Спермацет	Карнаубський воск	Монтанний воск
Будова естеру, що є основною складовою частиною воску	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_2-\text{O} \\ \text{Цетилпальмітат} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{24}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_2-\text{O} \\ \text{Меріцилцеровітат} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_2-\text{O} \\ \text{Алкілмонтанат} \\ (n = 14-28) \end{array} $
Приклад	Бджолиний воск		

<i>Будова естеру, що є основною складовою частиною воску</i>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_2-\text{O} \\ \text{Меридипальмітат} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{22}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_2-\text{O} \\ \text{Меридиллігноцеротинат} \end{array}$	
--	---	---	--

Властивості і біологічна роль восків. Воски – тверді речовини ($t_{\text{плавл}} = 30-90^\circ\text{C}$), достатньо стійкі до дії світла, окисників і нагрівання. Вони значно гірше гідролізуються, ніж жири, що зумовлює їх захисні функції (вони утворюють своєрідне мастило на шкірі людини і тварин та оберігають листя рослин від висихання; крім того вони є захисним бар'єром для попадання мікроорганізмів всередину біологічного об'єкту). Забарвлення восків зумовлюється їх походженням – найчастіше воно буває жовтуватим чи зеленуватим.

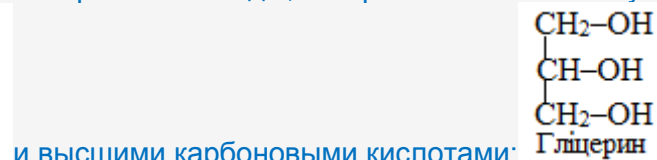
Свойства и биологическая роль восков. Воски - твердые вещества ($t_{\text{плавл}} = 30-90^\circ\text{C}$), достаточно устойчивы к действию света, окислителей и нагрева. Они значительно хуже гидролизуются, чем жиры, что приводит их защитные функции (они образуют своеобразное смазка на коже человека и животных и оберегают листья растений от высыхания, кроме того они защитным барьером для попадания микроорганизмов внутрь биологического объекта). Окраска восков обусловлено их происхождением - чаще всего оно бывает желтоватым или зеленоватым.

§ 2.2. Тригліцериди

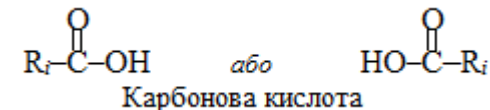
Тригліцериди – це прості ліпіди, які за хімічним складом належать до естерів, утворених триатомним спиртом гліцерином і вищими карбоновими кислотами:

§ 2.2. Триглицериды

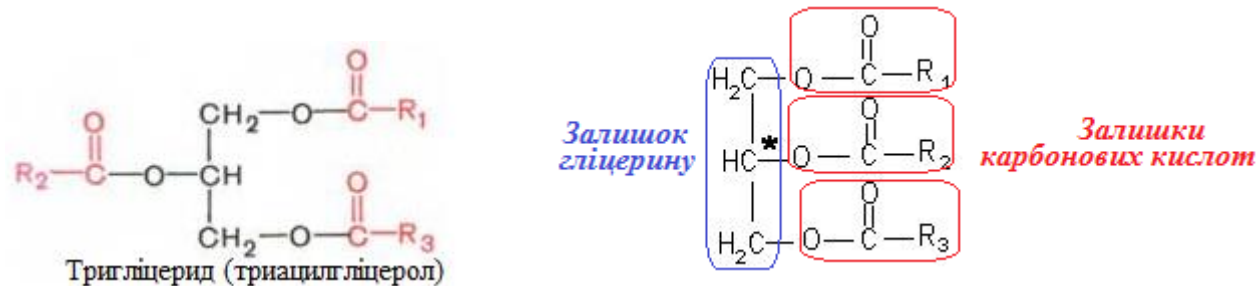
Триглицериды - это простые липиды, которые по химическому составу относятся к эфиром, образованных трехатомных спиртом глицерином



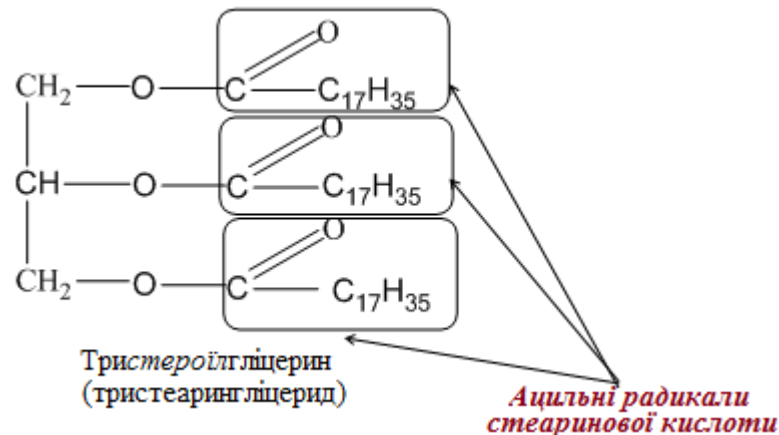
и высшими карбоновыми кислотами:



У загальному вигляді будова молекули тригліцериду відображається структурними формулами



де R₁, R₂, R₃ – вуглеводневі радикали карбонових кислот. Наприклад:



Як правило, тверді тригліцериди називають **жирами**, а рідкі – **оліями**. В *простих жирах* всі кислотні залишки мають однаковий склад (R₁ = R₂ = R₃), а в *змішаних жирах* містяться різні кислотні залишки (R₁ ≠ R₂ ≠ R₃),.

У складі тригліцеридів знайдені залишки декількох десятків карбонових кислот нерозгалуженої будови з парною кількістю атомів С у ланцюгу (табл. 3). Єдиним відомим виключенням є жир, добутий з печінки дельфінів, який містить розгалужений ланцюг ізовалеріанової кислоти і непарну кількість атомів С.

Как правило, твердые триглицериды называют **жирами**, а жидкие - **маслами**. В *простых жирах* все кислотные остатки имеют одинаковый состав (R₁ = R₂ = R₃), а в *смешанных жирах* содержатся различные кислотные остатки (R₁ ≠ R₂ ≠ R₃), . В составе триглицеридов найдены остатки нескольких десятков карбоновых кислот неразветвленной строения с четным количеством атомов С в цепи (табл. 3). Единственным известным исключением является жир, добытый из печени дельфинов, содержащий разветвленную цепь изовалериановой кислоты и нечетное количество атомов С.

Таблиця 3 – Карбонові кислоти, що входять до складу тригліцеридів

Склад і будова кислоти	Назва	До складу якого три гліцериду входить кислотний залишок
Насичені кислоти		
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	Масляна	Жири тваринного походження
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	Капронова	
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Ізовалеріанова	Жир печінки дельфіну
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	Лауринова	Лаврове масло, молочні масла
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	Міристинова	Олія мускатного горіху
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Пальмітинова	
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	Стеаринова	Бараній та яловичий жири
Ненасичені кислоти		
Склад: $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\overset{10}{\text{C}}=\overset{9}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_7-\overset{1}{\text{COOH}}$ 	Елаїдинова (<i>транс</i> -9-октадеценава)	Свинячий жир
Склад: $\text{C}_{23}\text{H}_{45}\text{COOH}$ $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{13}-\text{COOH}$	Лінолева (<i>цис</i> -9- <i>цис</i> -12-октадекадієнова)	Жир морських тварин і риб (лососьових)
Склад: $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ $\text{C}_2\text{H}_5-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_2-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	Ліноленова (<i>цис</i> -9- <i>цис</i> -12- <i>цис</i> -15-октадекатриєнова)	Льняна, конопляна, бавовняна, виноградна, обліпихова, соняшникова олії; свинячий, бараній жири
Склад: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ $\text{C}_2\text{H}_5-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$		

Олеїнові
(*цис*-9-о)

Хімічні властивості тригліцеридів (жирів)

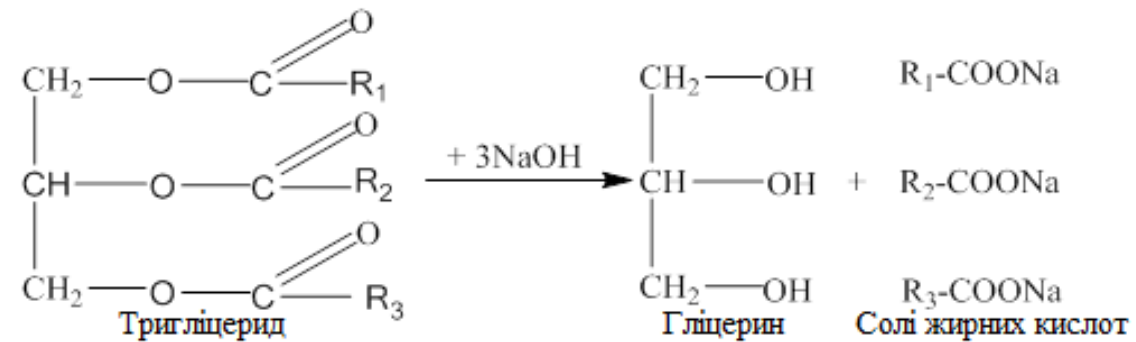
1) Гідроліз (*in vitro*) може відбуватися як у лужному, так і кислотному середовищі.

а) лужний (омилання) гідроліз, продуктами якого є гліцерин і солі вищих карбонових кислот – так звані *мила*. У загальному вигляді процес відображається схемою:

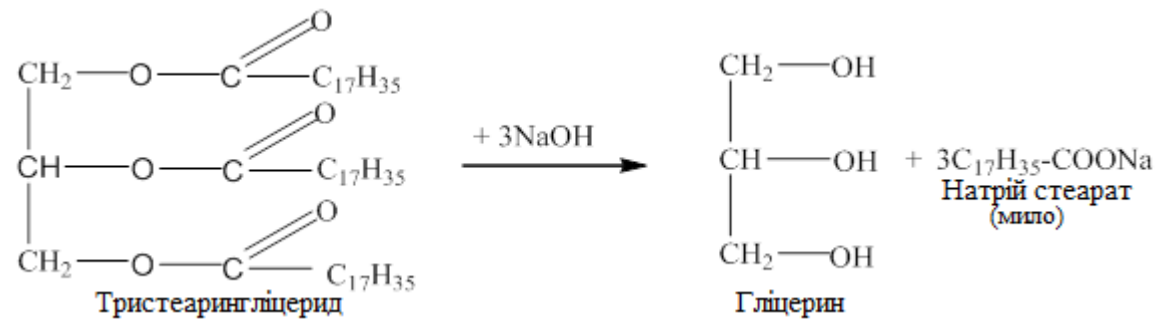
Химические свойства триглицеридов (жиров)

1) Гидролиз (*in vitro*) может происходить как в щелочной, так и кислотной среде.

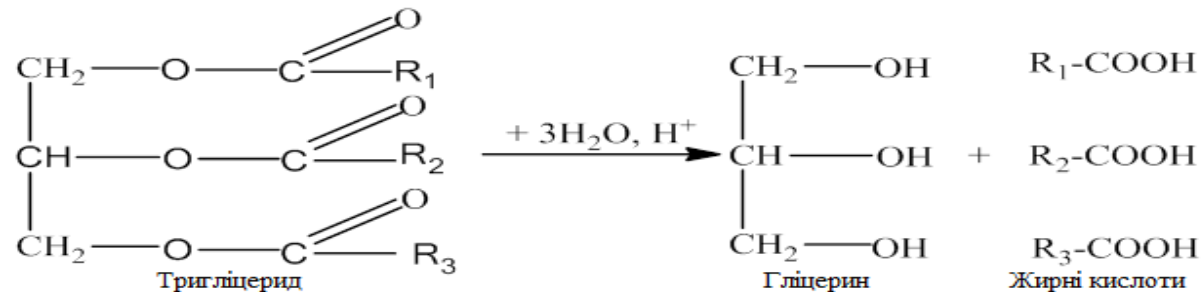
а) щелочной (омыление) гидролиз, продуктами которого являются глицерин и соли высших карбоновых кислот - так называемые мыла. В общем виде процесс отображается схеме:



Наприклад, лужний гідроліз простого тригліцериду, який містить залишки однієї кислоти – стеаринової:



б) кислотний гідроліз проходить при нагріванні у присутності мінеральних кислот за схемою:



2) **Реакції приєднання** характерні для тих жирів, які містять кислотні залишки вищих ненасичених кислот.

а) **гідрювання** – приєднання водню по місцю кратних зв'язків. Такий процес звичайно називають **гідрогенізація**. При цьому рідкі жири переходять у твердий стан – це використовують при добуванні маргарину з олії, наприклад:

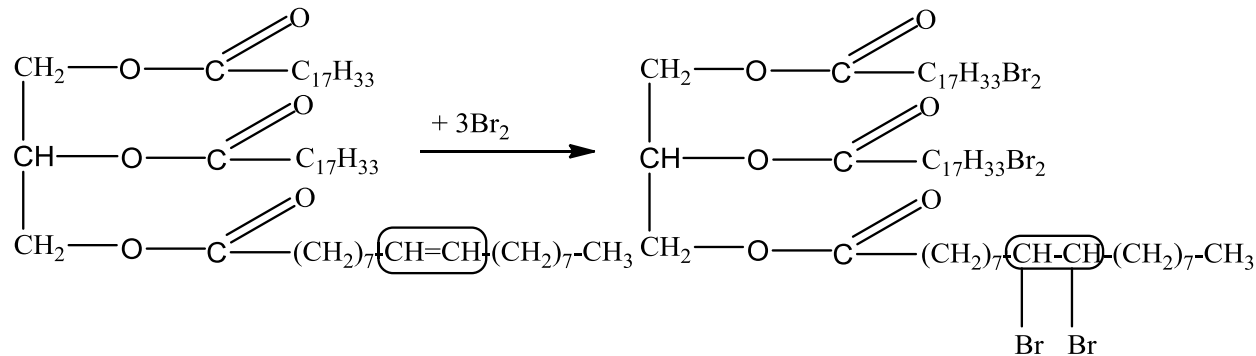
2) **Реакции присоединения** характерны для тех жиров, которые содержат кислотные остатки высших ненасыщенных кислот.

а) **гидрирования** - присоединение водорода по месту кратных связей. Такой процесс обычно называют гидрогенизация. При этом жидкие жиры переходят в твердое состояние - это используют при добыче маргарина из масла, например:



б) *галогенування* – приєднання галогенів по місцю кратних зв'язків. Взаємодія з бромом є *якісною реакцією* на ненасиченість кислотних залишків, а з йодом – використовується для визначення йодного числа (див. табл. 4).

б) **галогенирование** - присоединение галогенов по месту кратных связей. Взаимодействие с бромом является *качественной реакцией* на ненасыщенность кислотных остатков, а с йодом - используется для определения йодного числа (см. Табл. 4).



Таблиця 4 – Кількісні характеристики тригліцеридів

<i>Назва характеристики</i>	<i>Визначення</i>
Кислотне число	Кількість міліграмів КОН, яка витрачається на нейтралізацію 1 г негідролізованого жиру. Характеризує свіжість жиру, теоретично кислотне число свіжого жиру дорівнює нулю
Число омилення	Кількість міліграмів КОН, яка витрачається на взаємодію з 1 г гідролізованого жиру. Чим більше значення числа омилення, тим більше вміст кислот з невисокою молекулярною масою (масляної, капронової тощо)
Йодне число	Кількість грамів I ₂ , яке може приєднатися до 100 г жиру. Характеризує вміст ненасичених жирних кислот у складі жиру: чим більше значення йодного числа, тим більший вміст ненасичених жирних кислот

Біологічна роль тригліцеридів. Тригліцериди нерозчинні у воді, тому вони накопичуються в жирових тканинах, які, крім депонування жиру, виконують термоізоляційну функцію і захищають внутрішні органи від механічних пошкоджень. Однак основна біологічна функція жирів – енергетичне забезпечення організмів: при окисленні 1 г жиру виділяється 39 кДж енергії. В живих організмах жири перебувають або у вигляді протоплазматичного жиру (структурний компонент клітин, що характеризується постійним складом і незмінною кількістю – незалежно від коливань ваги усього організму) або у формі запасного резервного жиру, кількість якого залежить від стану організму.

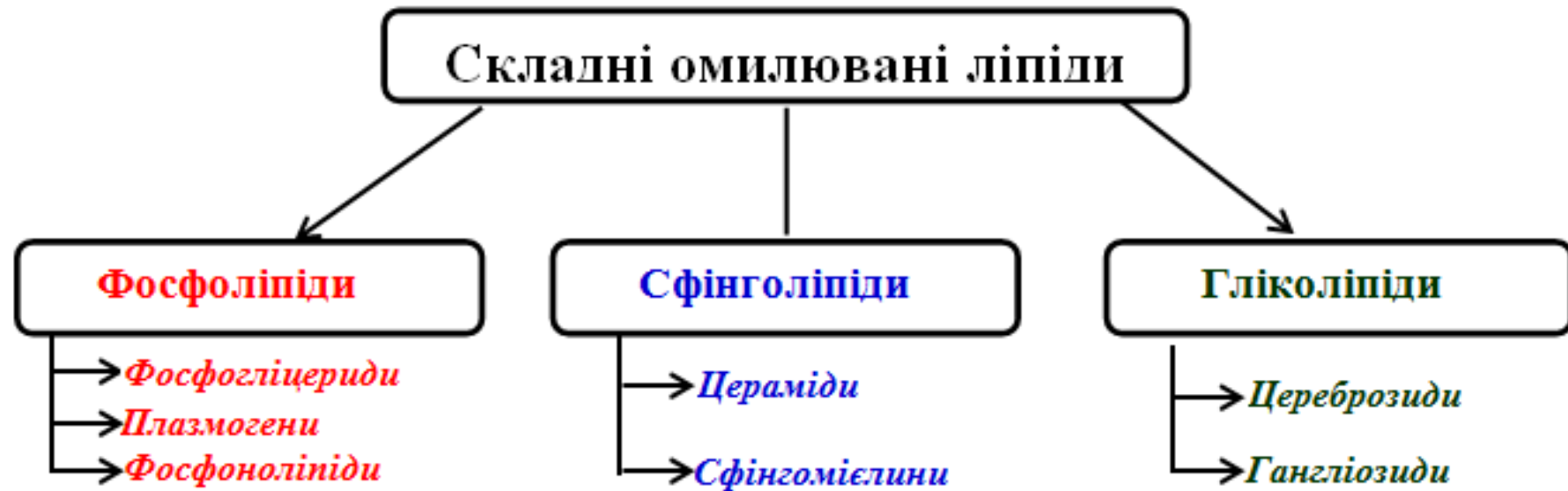
Биологическая роль триглицеридов. Триглицериды нерастворимые в воде, поэтому они накапливаются в жировых тканях, которые, кроме депонирования жира, выполняют теплоизоляционную функцию и защищают внутренние органы от механических повреждений. Однако основная биологическая функция жиров - энергетическое обеспечение организмов: при окислении 1 г жира выделяется 39 кДж энергии. В живых организмах жиры находятся или в виде протоплазматический жира (структурный компонент клеток, характеризующееся постоянным составом и неизменным количеством - независимо от колебаний веса всего организма) или в форме запасного резервного жира, количество которого зависит от состояния организма.

§ 3 СКЛАДНІ ОМИЛЮВАНІ ЛІПІДИ

Складні омилювані ліпіди – це багатокомпонентні системи, внаслідок гідролізу яких утворюються продукти, що належать до трьох чи більше класів органічних сполук: спирт (гліцерил чи сфінгозин), фосфат, аміносполуки, вуглеводи. Залежно від будови складні омилювані ліпіди поділяються на такі типи:

§ 3 Сложные омыляемого ЛИПИДЫ

Сложные омыляемого липиды - это многокомпонентные системы, в результате гидролиза которых образуются продукты, которые принадлежат к трем или более классов органических соединений: спирт (глицерил или сфингозин), фосфат, аминосоединения, углеводы. В зависимости от строения сложные омыляемого липиды делятся на следующие типы:

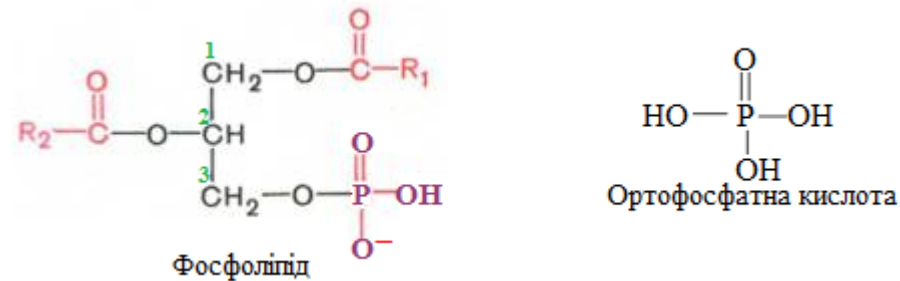


§ 3.1 Фосфоліпіди

Фосфоліпіди – це естери гліцерину, в якому гідроксильна група при С₃ ацильована ортофосфатною кислотою. Загальна формула фосфоліпіду має вигляд:

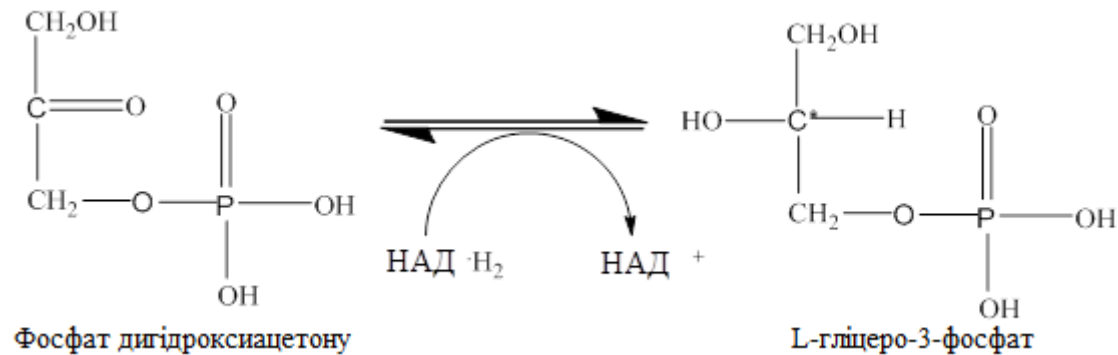
§ 3.1 Фосфолипиды

Фосфолипиды - это сложные эфиры глицерина, в котором гидроксильная группа при С₃ ацильована ортофосфорной кислотой. Общая формула фосфолипида имеет вид:



У формулі символи R_1 і R_2 – це ацильні радикали вищих карбонових кислот (найчастіше R_1 має насичений ланцюг, а R_2 – ненасичений), а знак «мінус» біля атома Оксигену означає, що в умовах організму ($pH \approx 7,4$) кислота H_3PO_4 залишається іонізованою.

Вважається, що в організмі на початковій стадії утворення фосфоліпідів реакція відбувається відповідно до схеми:



Якщо гідроксильна група ортофосфатної кислоти зв'язана з замісником X , то такий різновид фосфоліпиду називається **фосфогліцерид** (інколи – гліцерофосфоліпід):

Если гидроксильная группа ортофосфорной кислоты связана с заместителем X , то такой вид фосфолипида называется фосфоглицеридов (иногда - глицерофосфолипиды):



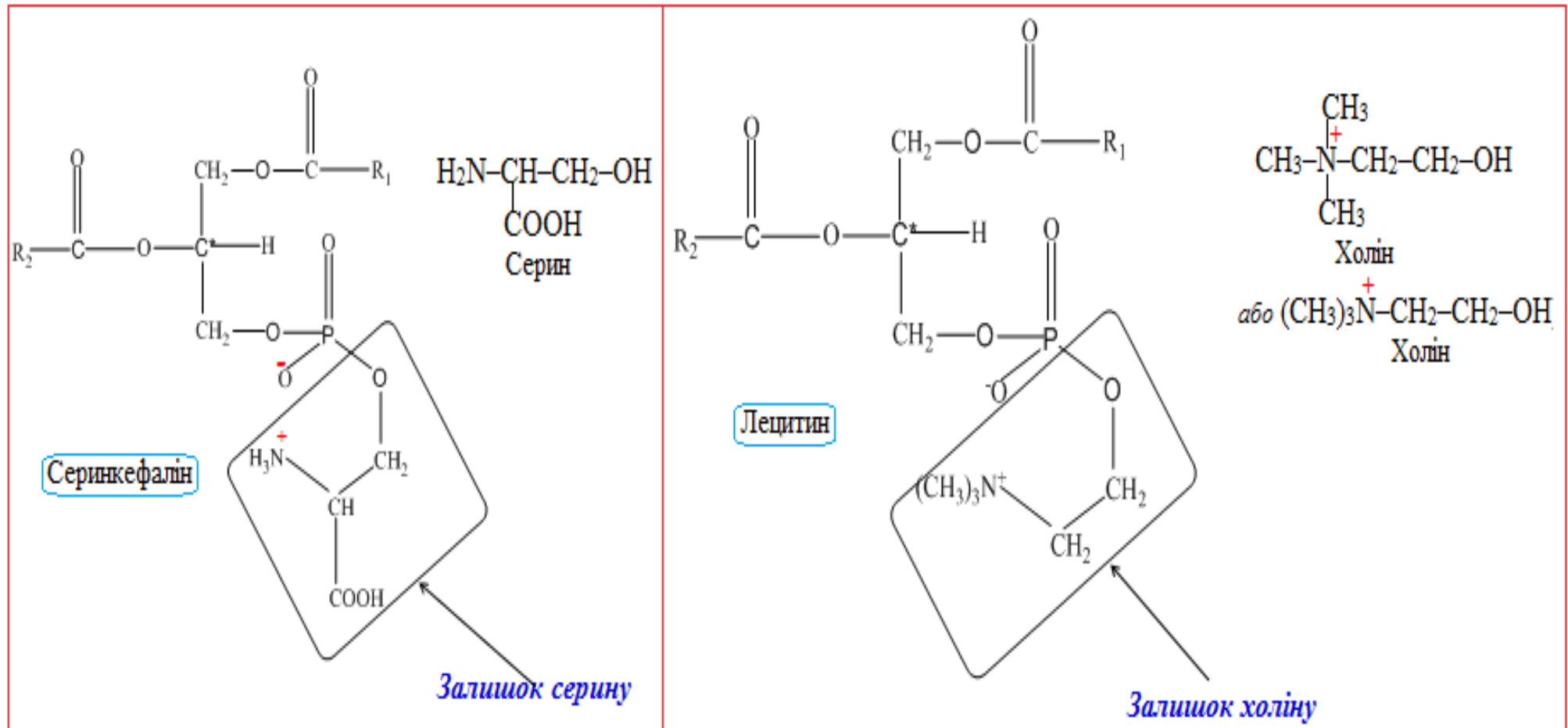
Дуже часто роль замісника X відіграють нітрогенвмісні сполуки (їх прийнято називати *азотистими основами*), але зустрічаються й інші сполуки. Залежно від складу замісника X фосфогліцериди поділяються на певні типи (табл. 5).

Очень часто роль заместителя X играют азотсодержащих соединения (их принято называть азотистыми основаниями), но встречаются и другие соединения. В зависимости от состава заместителя X фосфоглицеридов делятся на определенные типы (табл. 5).

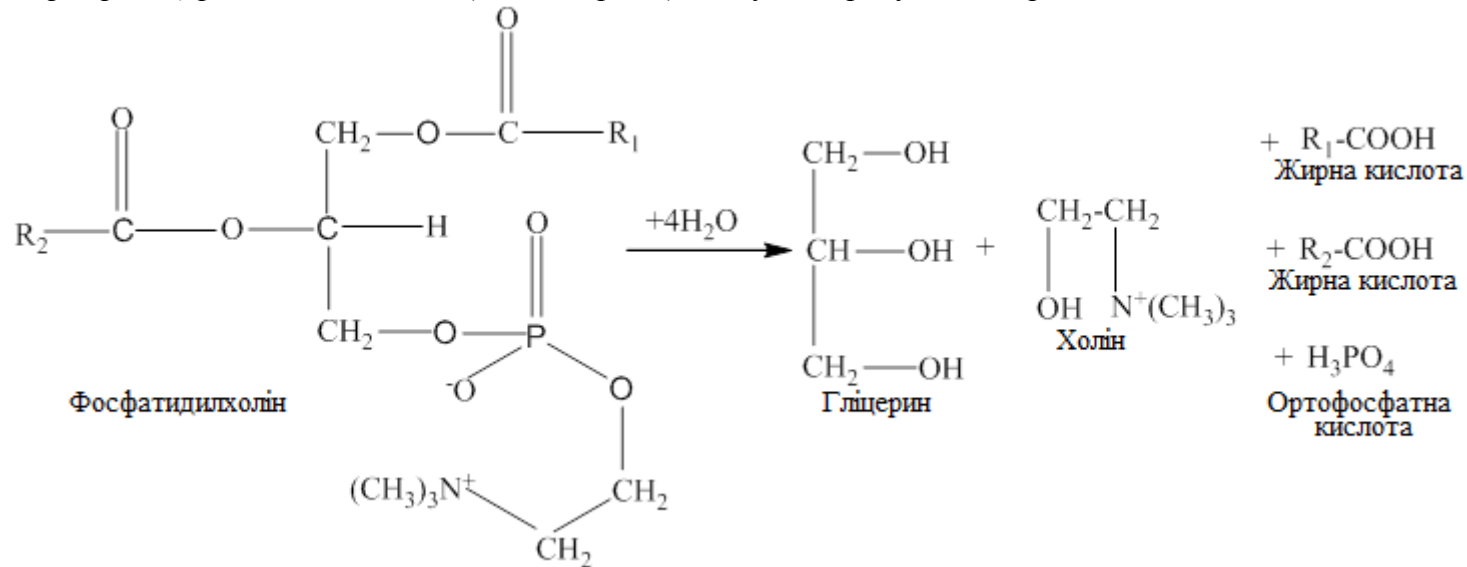
Таблиця 5 – Класифікація фосфогліцеридів залежно від природи замісника X в ортофосфатній кислоті

Формула азотистої основи	Тип фосфогліцериду	Формула азотистої основи	Тип фосфогліцериду
H	Фосфотидні кислоти	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$	Серинкефаліни
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ Коламін	Коламінкефаліни	COOH Серин	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Холін	Лецитини	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{HO} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{H} \\ \text{Інозит} \end{array}$	Фосфатиділінозити

Для прикладу наведемо загальні структурні формули фосфогліцеридів, що належать до серинкефалінів і лецитинів (табл. 5):



Властивості фосфогліцеридів. Їх омилення (тобто гідроліз) дає суміш продуктів, наприклад:



Іншим різновидом фосфоліпідів є **плазмогени**, в яких гідроксил біля С₁ сполучений простим етерним зв'язком (–O–) з заміненим вініловим спиртом (ОН–СН=СН– R₁), а група X, зв'язана з ортофосфатною кислотою, має таку ж природу, що і у фосфогліцеридах:

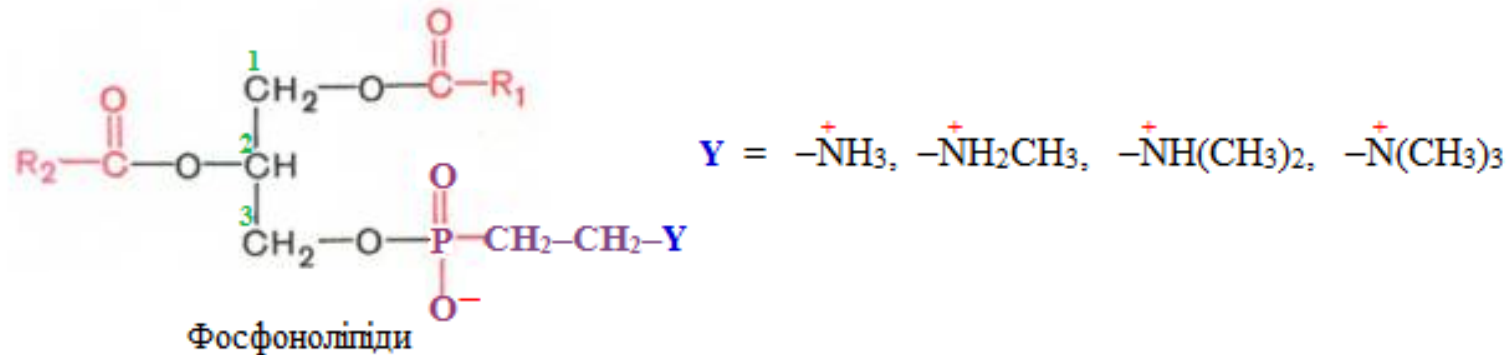
Другою різновидністю фосфоліпідів являється плазмогени, в которых гидроксил у С₁ соединен простым эфирного связью (-O-) с замещенным виниловым спиртом (ОН-СН = СН- R₁), а группа X, связанная с ортофосфорной кислотой, имеет такую же природу, что и в

фосфогліцеридов:



Плазмогени

Ще одна група фосфоліпідів – **фосфоноліпіди**, в молекулах яких біля атома С₃ міститься залишок не ортофосфатної, а фосфонової кислоти, заміщеної нітрогенвмісною групою Y:



Біологічна роль фосфоліпідів. Фосфоліпіди є важливою частиною усіх біологічних мембран. Вони зумовлюють пластичні та текучі властивості клітинних, беруть участь у транспорті поживних речовин до клітини. В організмах вищих тварин фосфоліпіди синтезуються у всіх тканинах, але основним їх джерелом є печінка, а також тонкий кишечник. Фосфоліпіди в певній кількості присутні у сироватці крові, де вони виконують транспортну функцію. Завдяки невеликій гідрофільності, вони можуть транспортувати у крові гідрофобні молекули (холестерин і жирні кислоти). Фосфоліпіди беруть участь в окисно-відновних процесах, в утворенні жиру молока в молочній залозі, входять до складу оболонки жирових кульок та сприяють утворенню стійкої емульсії у плазмі молока.

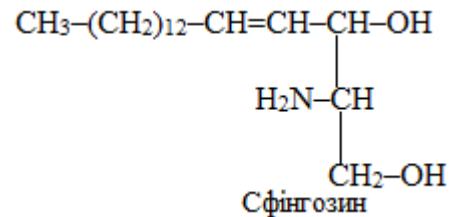
Биологическая роль фосфолипидов. Фосфолипиды являются важной частью всех биологических мембран. Они обуславливают пластические и текучие свойства клеточных, участвующих в транспорте питательных веществ в клетку. В организмах высших животных фосфолипиды синтезируются во всех тканях, но основным их источником является печень, а также тонкий кишечник. Фосфолипиды в определенном количестве присутствуют в сыворотке крови, где они выполняют транспортную функцию. Благодаря небольшой гидрофильности, они могут транспортировать в крови гидрофобные молекулы (холестерин и жирные кислоты). Фосфолипиды участвуют в окислительно-восстановительных процессах, в

образовании жира молока в молочной железе, входящих в состав оболочек жировых шариков и способствуют образованию устойчивой эмульсии в плазме молока.

§ 3.2 Сфинголіпіди

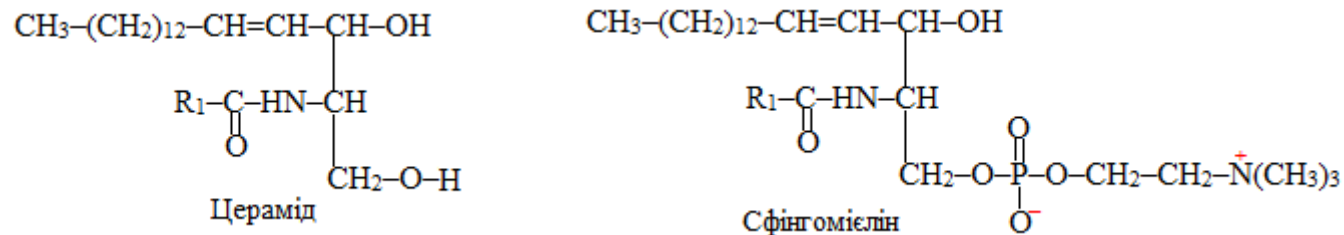
Сфинголіпіди – група складних омилюваних ліпідів, основу будови яких виконує не гліцерин, а двохатомний аміноспирт сфингозин:

§ 3.2 Сфинголипиды - группа сложных омыляемого липидов, основу строения которых выполняет не глицерин, а двухатомный аминспирт сфингозин:



Серед сфинголіпідів найважливішими є цераміди і сфингомієліни. **Цераміди** – це N-ацильні похідні сфингозину, причому найчастіше функцію радикалу R₁ виконують залишки лігноцеринової та нервонової кислот (табл. 3). А в **сфингомієлінах** гідроксильна група при С₁ ацильована фосфорилхоліновою кислотою:

Среди сфинголипидов важнейшими являются церамиды и сфингомиелины. Церамиды - это N-ацильные производные сфингозина, причем чаще всего функцию радикала R₁ выполняют остатки лигноцериновой и нервоновой кислот (табл. 3). А в Сфингомиелин гидроксильная группа при С₁ ацильована фосфорилхоліновою кислотою:



Біологічна роль сфинголіпідів. На відміну від інших складних омилюваних ліпідів сфинголіпіди не розчиняються в деяких органічних розчинниках (ацетон, сірчаний етер), виявляють підвищену стійкість до дії окисників. Вільні цераміди – тверді або воскоподібні речовини,

добре розчинні у хлороформі та метанолі; мають схильність до внутрішньомолекулярної циклізації з утворенням оксазолінів. Цераміди присутні в еритроцитах, печінці, селезінці, а сфінгомієліни – в нервових тканинах, червоних кров'яних тільцях і в кришталику ока. Особливо багаті на них сіра й біла речовина мозку (20% усіх ліпідів), а також оболонки аксонів периферійної нервової системи. Знайдені вони і в печінці, нирках, легенях, селезінці, еритроцитах. Сфінгомієліни відіграють важливі структурні і функціональні ролі в багатьох сигнальних передачах. Метаболізм сфінгомієлінів створює багато продуктів, що мають важливе значення в життєдіяльності клітин.

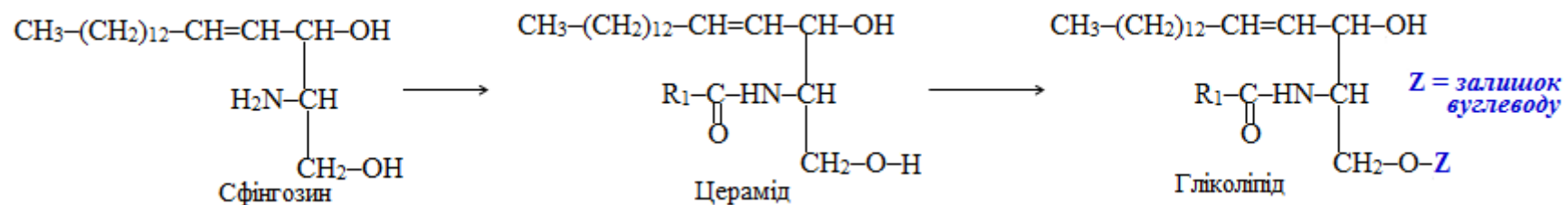
Биологическая роль сфинголипидов. В отличие от других сложных омыляемого липидов сфинголипиды не растворяются в некоторых органических растворителях (ацетон, серный эфир), проявляют повышенную устойчивость к воздействию окислителей. Свободные церамиды - твердые или воскообразные вещества, хорошо растворимые в хлороформе и метаноле; имеют склонность к внутримолекулярной циклизации с образованием оксазолинов. Церамиды присутствуют в эритроцитах, печени, селезенке, а сфингомиелины - в нервных тканях, красных кровяных тельцах и в хрусталике глаза. Особенно богаты ими серая и белое вещество мозга (20% всех липидов), а также оболочки аксонов периферической нервной системы. Найдены они и в печени, почках, легких, селезенке, эритроцитах. Сфингомиелины играют важные структурные и функциональные роли во многих сигнальных передачах. Метаболизм Сфингомиелин создает много продуктов, имеющих важное значение в жизнедеятельности клеток.

§ 3.3 Гліколіпіди

Інколи гліколіпіди об'єднують в одну групу зі сфінголіпідами, оскільки вони мають таку ж структурну основу – цераміди (*N*-ацильні похідні сфінгозину). Проте на відміну від сфінголіпідів гліколіпіди містять в своєму складі вуглеводний компонент, сполучений з головним ланцюгом через гідроксил при C₁:

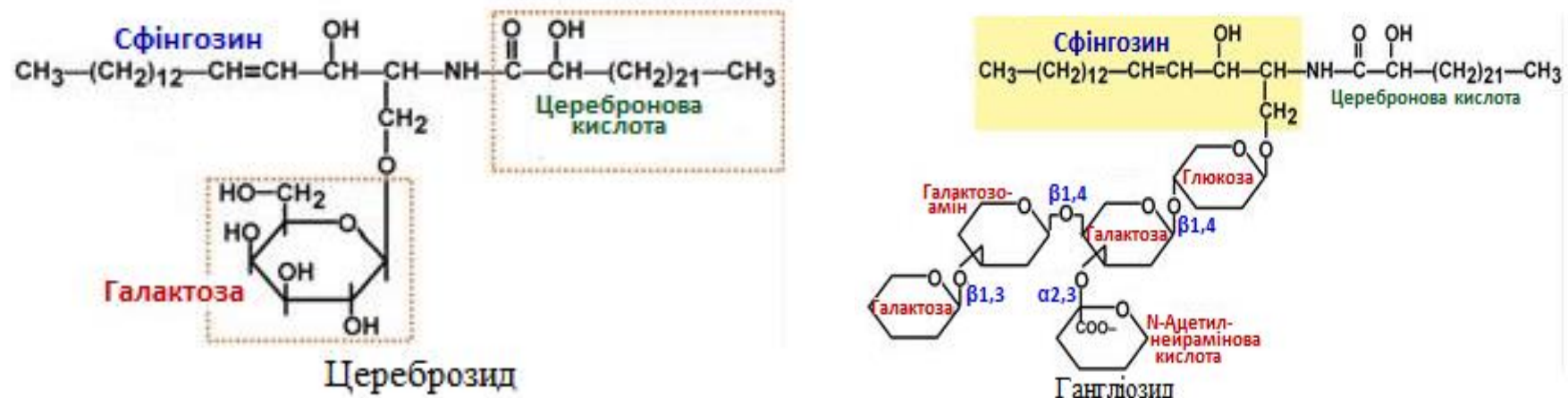
§ 3.3 Гликолипиды

Иногда гликолипиды объединяют в одну группу с сфинголипидов, поскольку они имеют такую же структурную основу - церамиды (*N*-ацильные производные сфингозина). Однако в отличие от сфинголипидов гликолипиды содержат в своем составе углеводный компонент, соединенный с главным цепью через гидроксил при C₁:



Найважливіші представники гліколіпідів – цереброзиди і гангліозиди. У *цереброзидах* в якості вуглеводного залишку може бути D-галактоза чи D-глюкоза, яка сполучається β-глікозидним зв'язком зі сфінгозином, а *гангліозиди* містять олігосахариди і сіалову (N-ацетилнейрамінову) кислоту:

Важнейшие представители гликолипидов - цереброзидаы и ганглиозидаы. В цереброзидаы в качестве углеводного остатка может быть D-галактоза или D-глюкоза, которая сочетается β-гликозидной связью с сфингозин, а ганглиозидаы содержат олигосахариды и сиаловой (N-ацетилнейраминовой) кислоту:



Біологічна роль гліколіпідів. Гліколіпіди зосереджуються на поверхні всіх плазматичних мембран і складають 5% ліпідних молекул зовнішнього моношару і сильно розрізняються у різних видів і навіть у різних тканинах одного виду. Цереброзиди – тверді речовини, нерозчинні у воді, добре розчинні в органічних розчинниках. Вони збагачують мозкові тканини, особливо білу речовину мозку (мієлінова оболонка). Гангліозиди локалізуються переважно в мембранах нервових клітин.

На клітинному рівні гліколіпіди беруть участь у міжклітинному пізнаванні, імунологічних реакціях, ізолюючих властивостях мієлінової оболонки нервових аксонів. Так, зниження активності або відсутність ферментів гідролізу цереброзидів призводить до накопичення в організмі, особливо у мозку, галактоцереброзидів (хвороба Краббе). Підвищена концентрація глюкоцереброзидів у печінці та мозку свідчить про порушення обміну гангліозидів (хвороба Гоше). Взагалі будь-які дефекти метаболізму цереброзидів і гангліозидів у людини приводять до психічних захворювань.

Биологическая роль гликолипидов. Гликолипиды сосредотачиваются на поверхности всех плазматических мембран и составляют 5% липидных молекул внешнего монослоя и сильно различаются у разных видов и даже

в разных тканях одного вида. Цереброзиды - твердые вещества, нерастворимые в воде, хорошо растворимые в органических растворителях. Они обогащают мозговые ткани, особенно белое вещество мозга (миелиновая оболочка). Ганглиозиды локализуются преимущественно в мембранах нервных клеток. На клеточном уровне гликолипиды участвуют в межклеточном узнавании, иммунологических реакциях, изолирующих свойствах миелиновой оболочки нервных аксонов. Так, снижение активности или отсутствие ферментов гидролиза цереброзидов приводит к накоплению в организме, особенно в мозге, галактоцереброзидов (болезнь Краббе). Повышенная концентрация глюкоцереброзидов в печени и мозга свидетельствует о нарушении обмена ганглиозидов (болезнь Гоше). Вообще любые дефекты метаболизма цереброзидов и ганглиозидов у человека приводят к психическим заболеваниям.