

С. В. Страшко, М. Ф. Войцехівський,  
О. Б. Кучменко, І. Ю. Сліпчук

# БІОЛОГІЯ

Підручник для 9 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів

Київ  
«Грамота»  
2017

УДК  
ББК  
С

**Страшко С. В.**

Біологія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / С. В. Страшко, М. Ф. Войцехівський, О. Б. Кучменко, І. Ю. Сліпчук. — К. : Грамота, 2017. — 240 с. : іл.

ISBN

Підручник відповідає Державному стандарту освіти та новій програмі з біології для загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому висвітлено інформацію про загальні закономірності організації та діяльності живих організмів на різних рівнях організації — від молекулярного до біосферного. Розглянуто сучасні уявлення про виникнення життя на Землі та розкриті причини й закономірності еволюції, що базуються на класичній теорії еволюції та досягненнях сучасної молекулярної біології та генетики. У цікавій і доступній формі показана роль сучасних біологічних досліджень для розвитку біотехнологій як важливої умови сталого розвитку суспільства.

Підручник добре ілюстрований, містить методичний апарат, який забезпечує ґрунтовне засвоєння навчального матеріалу, короткі узагальнення після кожної теми. Для учнів, учителів, методистів, батьків.

**УДК  
ББК**

ISBN

© Страшко С. В., Войцехівський М. Ф.,  
Кучменко О. Б., Сліпчук І. Ю., 2017  
© Видавництво «Грамота», 2017

## Шановні дев'ятикласники!

Вивчаючи з 6 класу різні біологічні дисципліни, ви дізналися про різноманітність живої природи, одержали певні практичні навички, переконалися в тісному взаємозв'язку живих організмів, зокрема й організму людини, з довкіллям. Засвоєний вами упродовж кількох років навчальний матеріал стане основою для подальшого пізнання живої природи.

Продовжуючи вивчати біологію в 9 класі, ви ознайомитеся з найзагальнішими закономірностями живої природи, що сприятиме формуванню біологічного мислення — невід'ємної ознаки людини XXI ст. Дбайливе ставлення до нашого спільного дому — прекрасної блакитної планети Земля — необхідна умова для збереження такого унікального явища як життя.

Видатний український учений академік **В. Вернадський** (1863–1945) — перший президент Української національної академії наук, основоположник учення про біосферу, уважав, що в другій половині XX ст. людство вступило в епоху створення нової оболонки Землі — *ноосфери* (оболонки розуму).

Будучи відносно невеликою частиною в загальній сукупності живих організмів, людство здійснює колосальний вплив на біосферу. Зробити цей вплив розумним — складне завдання, яке має розв'язуватися шляхом узгодження законів природи із законами мислення й соціально-економічними законами суспільства.

Зрозуміти — не означає, що певну інформацію обов'язково треба запам'ятати й відтворити. Але те, що ви зрозуміли (подія, явище тощо), стає частиною вашого світогляду. Отримані знання й уявлення про навколишній світ у майбутньому визначатимуть ваші вчинки, дії, вплив на природу та людей, які вас оточуватимуть. Ваше особисте життя і здоров'я, життя і здоров'я ваших близьких і друзів — найголовніша цінність. Наскільки ви будете успішними та щасливими, залежить від світосприйняття та вашої життєвої філософії.

Те, до чого кожний з вас нині прагне (і це добре!) — бути самостійною, тобто дорослою, людиною, пов'язане з необхідністю бути морально (а іноді й юридично) відповідальним за свої дії та вчинки. Саме Знання (ми не випадково написали це слово з великої літери, маючи на увазі все ваше «Я» — світогляд, бачення навколишнього світу й себе в ньому) визначатимуть правильність ухваленого вами рішення.

Не бійтеся пізнавати світ, що вас оточує, і себе в ньому як його маленьку, проте невід'ємну частинку. На жаль, світ може існувати й без нас. Виграє він від цього чи програє, залежить від кожної людини. Ви вже знаєте, що люди по-різному ставляться до свого оточення, а, отже, і до формування своєї поведінки. Однак існують загальнолюдські цінності, які застерігають нас: «Не нашкодь, не зроби зла іншій живій істоті, бо вона має таке саме право на існування, як і ти».

Засвоїти необхідні знання вам допоможе методичний апарат підручника. Звертайте увагу на шрифтові позначення понять і термінів, які потрібно запам'ятати або тільки ознайомитися з ними. Підручник містить такі рубрики:



Володимир  
Вернадський



**Основні поняття і терміни.** Поняття і терміни — це мова науки. Особливість біологічних термінів полягає в тому, що багато з них мають іншомовне походження. Для того щоб їх запам'ятати, потрібно знати, з якої мови вони запозичені, і вміти пояснювати їх зміст.



**Це треба знати.** Подані в рубриці відомості не потрібно запам'ятовувати, та вони можуть викликати у вас подив і захоплення природою.



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** Дуже важливо вміти стисло й послідовно викласти власну думку. Щоб відповісти на запитання цієї рубрики, треба поміркувати, проаналізувати й зробити висновки. Це сприятиме успішному формуванню прийомів логічного мислення.



**Самостійна робота з підручником.** Завдання цієї рубрики спрямовані на вдосконалення ваших умінь і навичок, зокрема швидкого читання, здатності краще орієнтуватися в тексті підручника, продуктивно відтворювати вивчене в життєвій практиці. Ви навчитеся аналізувати, самостійно здобувати й поповнювати знання, робити узагальнення та висновки.



**Домашнє завдання.** Виконання завдань цієї рубрики потребує уважності, вміння працювати не тільки з підручником, а й з додатковою літературою. Це сприятиме виробленню вмінь виокремлювати головне в науковій інформації, установлювати послідовність дій, розкривати основні терміни й поняття, визначати в тексті змістові елементи для короткого переказу, доповіді, повідомлення або реферату. Рубрика допоможе розповісти членам вашої родини, про що ви дізналися з підручника.



**Запитання для допитливих.** Готуючи відповіді, ви отримаєте різнобічну інформацію про живі організми та їх життєдіяльність, дані про досягнення сучасної біологічної науки.

Після кожної теми подане коротке узагальнення матеріалу, яке допоможе вам у формуванні природничо-наукового світогляду та активної життєвої позиції, що має на ньому ґрунтуватися.

Практичні роботи й лабораторні дослідження радимо виконувати за таким планом:

- прочитайте тему й мету дослідження;
- визначте порядок дії за інструкцією, що подана в підручнику;
- зробіть висновок за результатами роботи відповідно до мети дослідження (спостереження або експерименту).

Бажаємо успішного вивчення предмета «Біологія» і сподіваємося, що підручник стане вам добрим порадиником у житті, слугуватиме збереженню та зміцненню здоров'я; дасть відповіді на багато питань, які турбують кожну людину; допоможе уникнути неправильних дій, що завдають шкоди організмові. Маємо надію, що автори зможуть настільки зацікавити вас цією наукою, що для декого вона стане життєвим покликанням.

Бажаємо вам здоров'я, без якого неможливе щастя та успіх у житті!

*Автори*

## § 1

## БІОЛОГІЯ ЯК НАУКА. ПРЕДМЕТ БІОЛОГІЇ, ЇЇ ОСНОВНІ ГАЛУЗІ ТА МІСЦЕ СЕРЕД ІНШИХ НАУК. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ. ОСНОВНІ МЕТОДИ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** предмет біології, сучасні біологічні науки, рівні організації живої матерії (молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, біогеоценологічний, біосферний), методи дослідження (спостереження, порівняльно-описовий, експериментальний, моделювання).

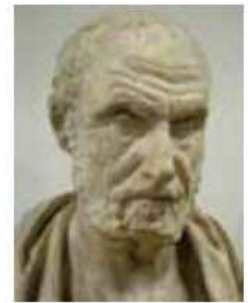
**Розвиток біології як науки.** Перш ніж визначити сучасний стан науки та напрямки її розвитку, ознайомимося з історією її становлення.

Сучасна біологія сягає корінням у давнину й пов'язана з розвитком цивілізації в країнах Середземномор'я. Відомі імена багатьох учених, які зробили вагомий внесок у розвиток біології. Назвемо лише деякі з них. **Гіппократ** (460 — бл. 370 рр. до н. е.) уперше детально описав будову людини та тварин, указав на роль середовища та спадковості у виникненні хвороб. Його вважають засновником медицини. **Арістотель** (384–322 рр. до н. е.) першим узагальнив біологічні знання, започаткував систематику. Написав чотири трактати з біології, де охарактеризував багатьох тварин. Його вважають засновником зоології. **Теофраст** (372–287 рр. до н. е.) вивчав рослини й описав понад 500 видів. Його вважають засновником ботаніки.

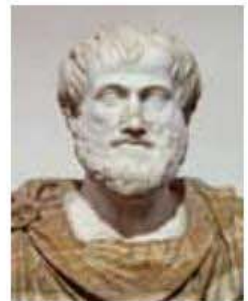
У часи Середньовіччя розвиток біології загальмувався, але не припинився, незважаючи на панування релігійних догматів. Систематичне наукове дослідження природи почалося тільки в епоху Відродження. Унаслідок надзвичайно швидкого накопичення наукових даних про живі організми відбулася диференціація біологічних знань і поділ біології на окремі науки.

У XVI–XVII ст. стрімко розвивається ботаніка, а з винаходом мікроскопа виникає анатомія та закладаються основи фізіології рослин. Значно вплинула на розвиток зоології система класифікації тварин, створена К. Ліннеєм.

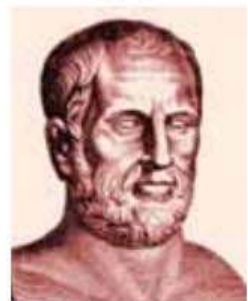
У XVIII–XIX ст. закладаються наукові основи ембріології — К. М. Бер. У 1839 р. Т. Шванн і М. Шлейден формулюють клітинну теорію. У 1859 р. Ч. Дарвін публікує працю



Гіппократ



Арістотель



Теофраст



Грегор Мендель

«Походження видів», де описує теорію еволюції. У першій половині XIX ст. виникає бактеріологія, яка завдяки працям Л. Пастера, Р. Коха, І. Мечникова стає самостійною наукою. Наприкінці XIX ст. виокремлюються паразитологія та екологія.

У 1865 р. **Г. Мендель** (1822–1884) публікує працю «Досліди над рослинними гібридами», де обґрунтовує існування генів і формулює закономірності спадковості ознак. Після повторного відкриття законів спадковості у XX ст. генетика стає самостійною наукою.



Томас Хант Морган

Століттям біології називають XX ст. Основні відкриття в галузі біології — мутаційна теорія Г. де Фріза, учення про фактори еволюції І. Шмальгаузена, хромосомна теорія спадковості **Т. Х. Моргана** (1866–1945), учення про біосферу В. Вернадського, установлення структури ДНК **Дж. Уотсоном** (1928) і **Ф. Кріком** (1916–2004). З відкриттям генетичної ролі ДНК і механізмів синтезу білків самостійними науками стають молекулярна біологія та молекулярна генетика. Виникнення цих наук — гігантський крок уперед у вивченні явищ життя на молекулярному рівні організації живої матерії.

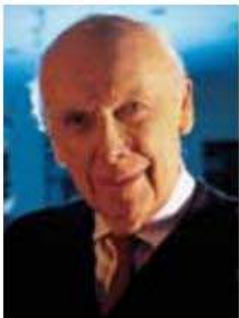
Інтеграція основних досягнень молекулярної генетики з еволюційною теорією зумовила створення сучасної **синтетичної еволюційної теорії** — великої об'єднуючої концепції біології. Вона є тріумфом теоретичної думки в галузі біологічних наук, усеосяжною теорією, яка прагне пояснити всю різноманітність і складність біологічних явищ.

**Предмет біології.** У 9 класі предметом вивчення біології є найзагальніші закономірності живого. Такий навчальний курс прийнято називати *загальною біологією*, проте вона не існує як самостійна наука. Загальна біологія інтегрує знання, які здобувають фахівці в різних галузях біології, а саме: ботаніки, зоології, цитології, біохімії, генетики тощо, вибираючи з них узагальнене, однаково правильне для всієї різноманітності живих організмів.

Біологія — це не тільки набір певних знань. Передусім це природничо-науковий світогляд, який визначає погляди людини на довкілля, на себе та своє місце в природі й суспільстві. Світогляд особливо важливий нині, коли людство має вирішувати глобальні проблеми, породжені технократичною цивілізацією. Споживацьке ставлення до навколишнього середовища, егоцентризм у поглядах на природу породжує її відповідну реакцію:

виснаження природних ресурсів, зміну клімату, озонові дірки в атмосфері Землі, зростання захворюваності й багато іншого.

Біологічні знання дуже потрібні в повсякденному житті й трудовій діяльності людини для збереження її здоров'я, підтримання необхідного рівня взаємозв'язку з довкіллям, раціонального використання природних багатств



Джеймс Уотсон



Френсіс Крік

свого регіону. Саме пріоритет біологічних знань визначатиме формування світогляду людини XXI ст., впливаючи на соціально-економічний розвиток усіх країн світу. Пізнати основні закони природи й має допомогти вам вивчення загальної біології.

**Галузі біології та її місце серед інших наук.** Сучасна **біологія** — це сукупність наук, які вивчають життя в усіх його проявах.

Найпершими в біології сформувалися *ботаніка*, *зоологія* та *анатомія*. Пізніше в межах зоології виникли *гельмінтологія* — вивчає паразитичні черви, *ентомологія* — комах, *іхтіологія* — риб, *орнітологія* — птахів тощо. У ботаніці виокремилися *мікологія* — наука про гриби, *альгологія* — про водорості та інші дисципліни. Мікробіологія розділилася на *бактеріологію*, *вірусологію*, *імунологію*.

Одночасно з диференціацією відбувався процес виникнення та формування нових наук. Різноманітні властивості живих систем досліджують: *фізіологія* — наука про життєдіяльність організму, *генетика* — про закономірності спадковості й мінливості, *ембріологія* — про індивідуальний розвиток організму, *еволюційне вчення* — про історичний розвиток живих істот.

З давніх часів біологія має найтісніші зв'язки з фізикою, хімією, математикою, географією та іншими природничими науками (рис. 1). Ці науки розвиваються на основі спільних ідей і методів наукового дослідження. Тому на стику біології з іншими науками формуються нові наукові напрямки й галузі знань. Так, інтеграція фізики й біології зумовила виникнення *біофізики* — науки, яка вивчає фізичні й фізико-хімічні процеси в біологічних системах, а також вплив на них різних фізичних чинників. Самостійними науками сформувалися *біомеханіка*, *біоніка*, *космічна біологія*. Наприкінці XIX ст. відбулося становлення *біохімії* — науки про хімічний склад і хімічні процеси, що відбуваються в живих організмах і визначають їхню життєдіяльність, на початку XX ст. — *біогеохімії*, основоположником якої був В. Вернадський.

Широке використання математичних методів у різних галузях біології сприяло формуванню *біокібернетики*, *біометрії*, *біостатистики*, *моделювання*. На стику з географією виникли *біогеографія* — наука про закономірності поширення й розподілу на земній кулі живих організмів та *екологія*.

Для багатьох спеціальних і прикладних дисциплін (медицина, агрономія, ветеринарія, селекція, лісоводство, клітинна біологія та генетична інженерія, біотехнологія та ін.) біологія є теоретичною базою. Вона також впливає на гуманітарні науки, визначаючи біосоціальну сутність людини, яка є об'єктом цих наук.

На межі XX і XXI ст. почала розвиватися *біотехнологія* — наука, яка вивчає можливості використання живих організмів, їхніх систем або продуктів життєдіяльності для вирішення технологічних

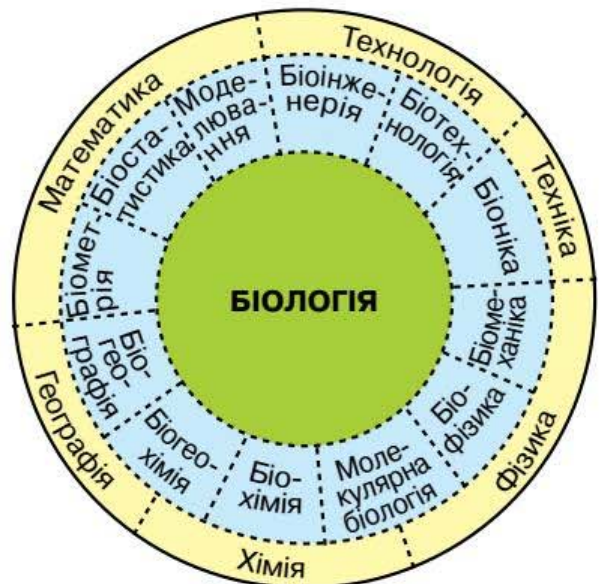


Рис. 1. Зв'язок біології з природничими науками

завдань, а також можливості створення живих організмів з потрібними властивостями методом генетичної інженерії.

**Значення біологічних знань для людини.** Напрямків використання людиною біологічних знань безліч. Вони мають важливе світоглядне значення, адже дають людині змогу зрозуміти навколишній світ і визначити своє місце в ньому, усвідомити цінність природи та життя. Біологічні знання потрібні для професійної діяльності, зокрема, біологів, екологів, лікарів. Вони допомагають вирішити багато практичних завдань харчової, легкої та інших галузей промисловості.

У XXI ст. біологія має розв'язати дуже складні, проте актуальні для людства завдання: упровадження новітніх досягнень біології для підтримки сталого розвитку природи, збереження безпеки та здоров'я людей, забезпечення населення продуктами харчування та придатними для життя умовами довкілля, урешті, збереження життя й людства на Землі.

Отже, біологія — це наука, яка визначає всі сфери людської діяльності. Тому вивчення конкретних і загальних понять біологічної науки, загальних закономірностей і властивостей живої природи є невід'ємною умовою формування ерудованої, культурної та освіченої людини, гідного громадянина незалежної України.

**Поняття про біологічні системи.** Згідно з науковими уявленнями *система* (з грецьк. *цїле*) — це сукупність елементів, які перебувають у взаємодії та утворюють єдине ціле. Розрізняють системи різного типу: відкриті й закриті (для речовин, енергії, інформації), живі (біологічні, соціальні), неживі (хімічні, фізичні) тощо.

Кожний живий організм — це біологічна система, оскільки складається із сукупності впорядкованих структур (клітин, тканин, органів тощо), які взаємодіють одна з одною, утворюючи єдине ціле. Прикладами біологічних систем є клітини, популяції, екосистеми.

**Загальні ознаки та функції живих організмів.** Усім живим організмам притаманний *подібний хімічний склад і клітинна будова*. Вони побудовані з хімічних сполук однакових класів, їхньою структурною та функціональною одиницею є клітина, а головною умовою життя — *безперервний обмін речовиною та енергією з навколишнім середовищем*. Припинення цього процесу означає припинення життя, тобто смерть організму.

Незважаючи на колосальну різноманітність живих організмів, для всіх них характерні такі *загальні функції*:

*живлення* — надходження в організм поживних речовин, необхідних для процесів біосинтезу й отримання енергії;

*дихання* — розщеплення органічних сполук (найчастіше в процесі окиснення), що супроводжується вивільненням енергії для забезпечення процесів життєдіяльності;

*виділення* — виведення з організму непотрібних і шкідливих речовин;

*подразливість* — активна реакція на зовнішні або внутрішні подразники;

*рухливість* — здатність змінювати положення тіла або його частини в просторі без дії зовнішньої механічної сили, за рахунок внутрішніх процесів;

*ріст* — збільшення маси й розмірів особини в цілому та окремих її частин унаслідок процесів біосинтезу;

*розмноження* — здатність живих організмів відтворювати нащадків, які зберігають основні ознаки й властивості батьківських особин.



**Рівні організації живої матерії.** Уявлення про рівні організації живої матерії склалися в 1960-х роках. Розподіл життя на рівні організації ґрунтується на ступенях структурної складності його компонентів і на особливостях їхнього функціонування (рис. 2).



Рис. 2. Рівні організації живої матерії

Об'єктами *молекулярного рівня* є хімічні сполуки, що входять до складу живих організмів, та їхні властивості.

*Клітинний рівень* досліджує клітину як самостійний організм або елементарну структурну й функціональну одиницю багатоклітинних організмів.

Об'єктом вивчення *органно-тканинного рівня* є процеси диференціювання клітин та утворення з них тканин і органів.

*Організмівий рівень* визначає організм як елементарну одиницю життя, властиві йому ознаки будови, механізми адаптації до умов середовища, поведінку тощо.

*Популяційно-видовий рівень* розглядає зміни генетичного складу популяції, тобто процес накопичення спадкових змін, які сприяють формуванню нових видів, тобто процеси *мікроеволюції*.

На *біогеоценотичному рівні* вивчаються проблеми взаємодії організмів в екологічних системах, стійкість цих систем і вплив на них людини. Для цього рівня характерні потоки енергії між популяціями різних видів, а також постійний обмін речовин між живою (*біотичною*) і неживою (*абіотичною*) частинами біогеоценозів.

На *біосферному* (з грецьк. *життя й куля*) *рівні* сучасна біологія вирішує глобальні проблеми оболонки Землі, заселеної живими організмами. Зокрема зміни геофізичних умов у біосфері, біогеохімічні колообіги речовин, загальну продукцію біомаси, а також вплив людини на біосферу та перспективи її розвитку.

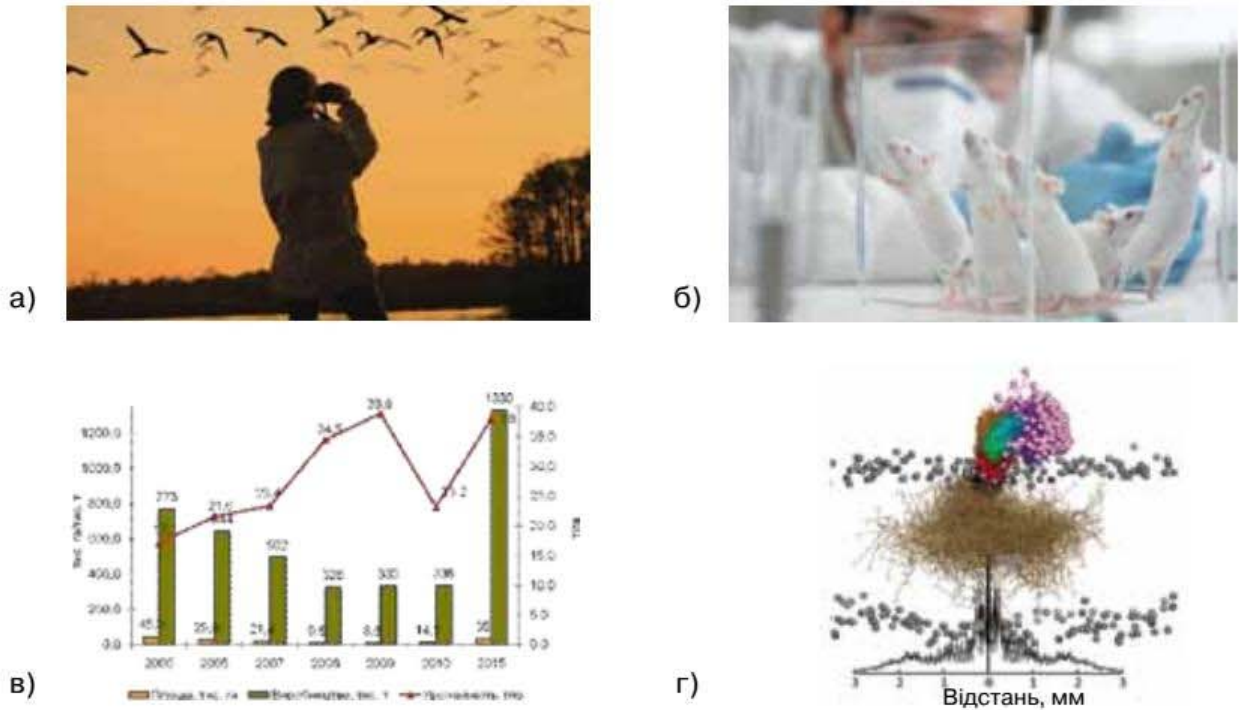


Рис. 3. Методи біологічних досліджень: а) спостереження; б) експеримент; в) моніторинг (вирощування цукрового буряку в Україні); г) моделювання (комп'ютерне моделювання розміщення ліпідів у мембрані)

**Методи біологічних досліджень.** Усі науки використовують спільні, загальнонаукові методи дослідження, однак кожна з них має і власні методи.

Основними методами біології є *спостереження, порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг і моделювання (рис. 3, а–г)*.

**Спостереження** — метод збирання наукової інформації, що полягає в систематичному та цілеспрямованому сприйнятті об'єкта або явища, результати якого фіксуються спостерігачем. Наприклад, за допомогою мікроскопа дослідник спостерігає рух цитоплазми в клітині, за допомогою бінокля — політ птаха.

**Описовий метод** ґрунтується на занотовуванні зовнішніх ознак об'єктів, за якими ведеться спостереження. Він широко застосовувався вченими давнини, які займалися збиранням фактичного матеріалу і його описом.

**Порівняльний метод** дає змогу виявляти схожі й відмінні ознаки об'єкта або процесу дослідження з подібними об'єктами чи процесами. Застосування цього методу сприяло відкриттю нових видів і їх класифікації.

**Експериментальний метод** ґрунтується на тому, що дослідники змінюють будову об'єкта дослідження, умови його існування та спостерігають за наслідками цих дій. Експерименти проводять у природі (польові експерименти) або в науково-дослідних закладах (лабораторні експерименти). Наприклад, на експериментальних ділянках досліджують дію певних речовин на ріст і розвиток рослин, випробовують заходи боротьби зі шкідниками тощо. У лабораторії досліджують вплив рентгенівського випромінювання на живі організми, біологічно активних речовин — на швидкість обміну речовин в окремих клітинах, будову й функції біологічних макромолекул (білків, ДНК) тощо.

**Моніторинг** (з латин. *той, хто нагадує*) — це постійне спостереження за станом окремих біологічних об'єктів або перебігом певних процесів в окремих екосистемах чи біосфері. Моніторинг здійснюють переважно на популяційно-

видовому, біогеоценотичному та біосферному рівнях. Він дає змогу не тільки визначати стан об'єктів дослідження, а й прогнозувати можливі зміни та аналізувати їхні наслідки.

**Моделювання** (з латин. *устрій, зразок*) — метод дослідження і демонстрування структур, функцій, процесів за допомогою їх спрощеного відтворення. Цей метод є обов'язковим етапом різноманітних наукових досліджень, особливо тих, у яких об'єкти чи процеси неможливо безпосередньо спостерігати або відтворювати експериментально. Моделювання має виняткове значення, тому що дає змогу прогнозувати можливі наслідки різних процесів або явищ. Особливе місце належить *математичному моделюванню*, за допомогою якого можна проаналізувати складні кількісні взаємозв'язки та закономірності.

**Статистичний метод** — це статистична (математична) обробка результатів спостережень, експериментів чи моделювання. Вона потрібна для перевірки ступеня вірогідності отриманих результатів і правильного їх узагальнення. Застосування методів *математичної статистики* в біології сприяло її перетворенню з науки описової на точну науку, яка ґрунтується на математичному аналізі одержаних даних.

Оскільки один метод дослідження не завжди виявляється ефективним, для отримання кращих результатів доцільно їх поєднувати.



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Назвіть учених стародавнього світу, які зробили свій внесок у розвиток біології. 2. Охарактеризуйте найважливіші відкриття в галузі біології XIX і XX ст. 3. Які біологічні науки ви знаєте? 4. Охарактеризуйте зв'язок біології з іншими природничими науками. 5. Розкрийте зв'язок біології з гуманітарними та прикладними науками. 6. Назвіть загальні ознаки та функції, притаманні живим системам. 7. Назвіть рівні організації живої матерії. 8. Охарактеризуйте основні методи біологічних досліджень.



**Самостійна робота з підручником.** 1. Складіть у зошиті таблицю «Основні етапи розвитку біології». Залиште в ній місце для внесення додаткової інформації. 2. Побудуйте схему біологічного експерименту, який би підтверджував певну наукову закономірність (наприклад, «Живе породжується живим»).



**Домашнє завдання.** 1. Підготуйте доповідь про внесок українських учених у розвиток біології в XIX–XX ст. 2. Що таке *подразливість*? Як вона виявляється в різних живих організмів? Наведіть приклади.



**Запитання для допитливих.** 1. Чи погоджуєтеся ви з тим, що у XXI ст. продовжується описовий період у біології? Обґрунтуйте відповідь. 2. За допомогою генної інженерії вивчаються можливості створення та створюються живі організми з потрібними властивостями. Наведіть усі «за» і «проти» створення таких організмів. Спрогнозуйте наслідки та надайте рекомендації щодо біоетичного розвитку генної інженерії.

# ТЕМА 1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД КЛІТИНИ ТА БІОЛОГІЧНІ МОЛЕКУЛИ

## § 2

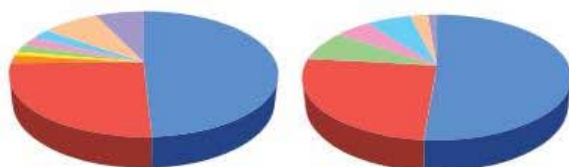
### Вода та її основні фізико-хімічні властивості



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** диполь, водневий зв'язок, зв'язана й вільна вода, сполуки гідрофільні й гідрофобні.

**Особливості хімічного складу живих організмів.** Порівнюючи хімічний склад живих організмів і тіл неживої природи, можна побачити, що він істотно не відрізняється.

На *рисунку 4* видно, що в складі земної кори (літосфері) багато Оксигену, Силіцію та Алюмінію. Основу живих організмів, крім Оксигену, становлять Карбон, Гідроген і Нітроген, проте в земній корі їх дуже мало.



■ O 49 %  
■ Al 7 %  
■ Fe 4,7 %  
■ Ca 3,4 %  
■ Na 2,6 %  
■ Mg 2,4 %  
■ Інші 2 %  
■ Si 25,5 %

a)

■ O 63 %  
■ Інші 0,5 %  
■ P 1 %  
■ Ca 2,5 %  
■ N 3 %  
■ H 10 %  
■ C 20 %

b)

*Рис. 4.* Поширення хімічних елементів: а) у земній корі; б) в організмах

Ви вже знаєте, що всі живі організми складаються з клітин. Основою хімічної організації клітини є неорганічні й органічні сполуки. До неорганічних сполук належать вода й мінеральні солі, а до органічних — білки, ліпіди, вуглеводи та нуклеїнові кислоти.

Вода — найпоширеніша сполука в природі (*рис. 5*). Вона є складовою багатьох мінералів і гірських порід, міститься в ґрунті й усіх живих організмах. Вміст води у тварин суходолу становить майже 60 % маси, риб — 80 %, деяких рослин і глибоководних тварин — понад 90 % їхньої маси.

В організмі людини вміст води варіює від 45 до 75 % маси тіла й залежить від віку (з віком зменшується). Вода входить до складу всіх органів і тканин: у серці, легенях, нирках її майже 80 %, у крові — 83 %, у кістках — 30 %, емалі зубів — 0,3 %.

**Будова, фізико-хімічні властивості й функції води.** Молекула води складається з одного атома Оксигену,



*Рис. 5.* Гірське озеро

зв'язаного з двома атомами Гідрогену ковалентними полярними зв'язками (рис. 6).

Молекула води *полярна*: частина, де міститься Гідроген, заряджена позитивно, а де Оксиген — негативно (рис. 6). Таку молекулу з двома електричними полюсами називають **диполем** (з грецьк. два й полюс). Водночас молекула води *електронейтральна*, бо позитивний і негативний заряди в ній урівноважені.

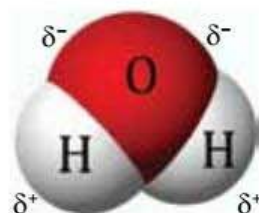


Рис. 6. Будова молекули води

Завдяки полярності молекули води здатні утворювати **водневі зв'язки** між позитивно зарядженим атомом Гідрогену однієї молекули та негативно зарядженим Оксигеном іншої. Утворений водневий зв'язок у 15–20 разів слабший за ковалентний. Велика кількість водневих зв'язків «структурує» воду.

Унаслідок утворення водневих зв'язків між п'ятьма молекулами води формуються *асоціати* (рис. 7, а, б). Саме такі об'єднання молекул води зумовлюють характерну форму сніжинки (рис. 7, в).

Утворення асоціатів із молекул води пояснює її унікальну температуру кипіння й плавлення та високу теплоємність. Теплоємність води майже вдвічі перевищує теплоємність будь-якої біологічної речовини клітини, тому вона здатна довго зберігати тепло (у разі зміни температури довкілля) і переносити його на відстань.

Водневі зв'язки легко руйнуються й утворюються знову, що спостерігається, наприклад, при випаровуванні води. Через втрату великої кількості тепла внаслідок нагрівання води відбувається охолодження організму, попереджаючи його перегрівання. Температура кипіння води вища, ніж інших речовин організму, що зумовлює її участь у **терморегуляції**.

Водневі зв'язки спричиняють в'язкість води та зчеплення її молекул із молекулами інших речовин. Завдяки силам зчеплення молекул на поверхні води утворюється плівка, яку характеризує **поверхневий натяг**. Наприклад, в альвеолах легенів утворюється поверхнево активна плівка, яка протидіє їхньому спаданню.

Оскільки молекули води полярні, вони здатні набувати певної орієнтації в електричному полі, а також взаємодіяти з йонами або зарядженими групами,

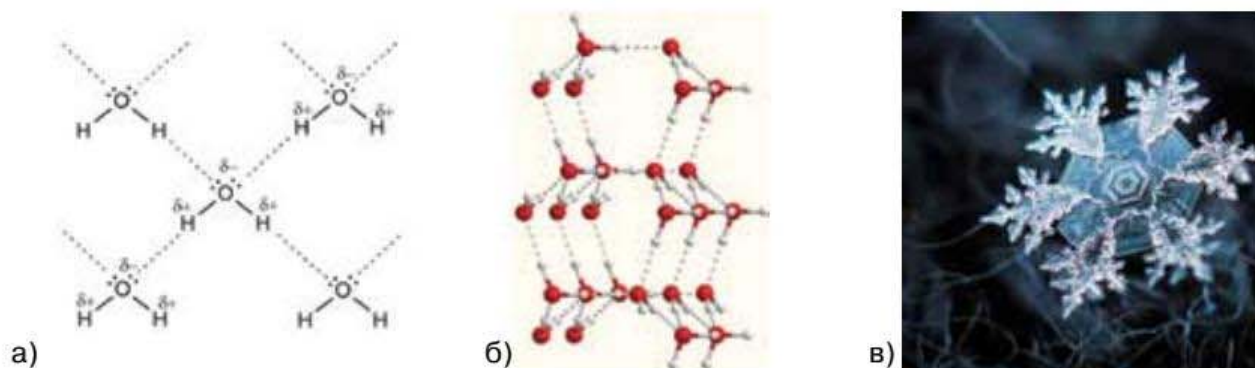


Рис. 7. Схематичне зображення асоціату з молекул води: а) пласка модель; б) об'ємна модель; в) типова сніжинка

## ТЕМА 1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД КЛІТИНИ ТА БІОЛОГІЧНІ МОЛЕКУЛИ

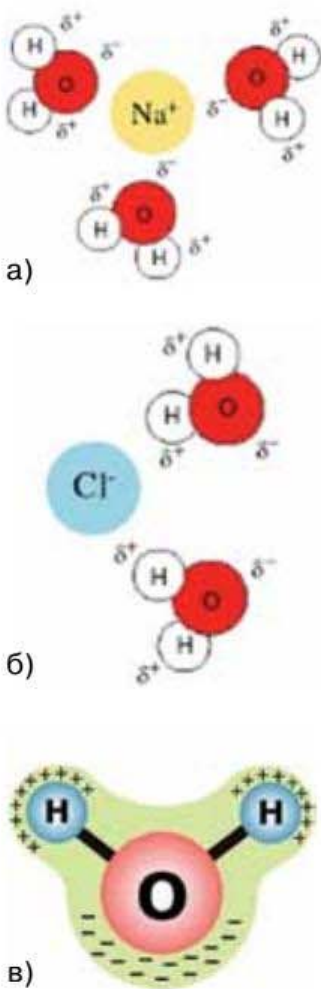


Рис. 8. Утворення гідратної оболонки навколо йонів: а) гідратований йон Натрію; б) гідратований йон Хлору; в) молекула води (диполь)

утворюючи навколо них водну оболонку (рис. 8). Таку воду називають **зв'язаною водою**, вона втрачає здатність розчиняти інші молекули.

Частину води, яка не зв'язана з іншими сполуками, називають **вільною**. Саме вона є універсальним розчинником.

Речовини за розчинністю у воді поділяють на дві групи: гідрофільні й гідрофобні. Речовини, які взаємодіють із водою, називають **гідрофільними** (з грецьк. *вода* й *любити*). Це більшість мінеральних солей, моносахариди, амінокислоти тощо. До **гідрофобних** (з грецьк. *вода* й *страх*) належать сполуки, які мають неполярні молекули. Це жири й жироподібні речовини, великі молекули білків. Взаємодіючи з диполями води, такі молекули начебто відштовхуються водою та злипаються між собою (так утворюється плівка жиру на поверхні води).

З курсу природознавства ви знаєте, що залежно від температури середовища вода здатна змінювати агрегатний стан: з рідкого на твердий або газуватий (рис. 9). У твердому агрегатному стані вода — це крига, яка має кристалічну будову, через що її щільність менша, ніж у води в рідкому стані. Тому крига піднімається на поверхню й захищає водойму від замерзання, чим зберігає придатні для життя умови.

Вода практично не стискається, що надає клітинам і тканинам пружності, забезпечує напружений стан клітинних стінок (*тургор*), а також виконує *опорну функцію*.

У багатьох організмів вода виконує функцію гідростатичного скелета (наприклад, у круглих червів), а для більшості з них є середовищем існування.

Вода також бере участь в утворенні різних рідин тіла (крові, лімфи, тканинної, плевральної рідини), є складовою слини, слизу, сліз, жовчі тощо.

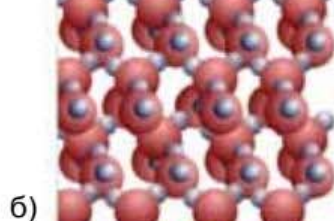


Рис. 9. Вода в різних агрегатних станах: а) рідкому; б) твердому; в) газуватому

**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Пригадайте з курсу хімії 7 і 8 класів, як будова води визначає її властивості бути розчинником. 2. Яка роль води в організмі? 3. Яке значення для організму має процес випаровування води? 4. Які властивості води важливі для живих організмів?

**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів: «диполь», «гідрофільні сполуки», «гідрофобні сполуки».

**Домашнє завдання.** Складіть у зошиті таблицю «Значення води в біологічних системах».

**Запитання для допитливих.** 1. Що таке «важка вода»? Як вона впливає на біологічні об'єкти? 2. Які правила гігієни вживання води людиною?

### Це цікаво знати

Наявність води в клітині — найважливіша умова її діяльності. Втрата значної частини води призводить до загибелі більшості організмів. Деякі одноклітинні й навіть окремі багатоклітинні «навчилися» переживати зневоднення шляхом припинення процесів життєдіяльності. Такий стан називається *анабіозом*. Після зволоження клітини пробуджуються й знову стають активними.

## § 3

### НЕОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ КЛІТИНИ

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** біогенні й органогенні елементи, макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи.

**Хімічний склад клітини.** У складі живих організмів виявлено понад 70 хімічних елементів таблиці Д. Менделєєва (рис. 10).

Хімічні елементи, які входять до складу органічних сполук (біомолекул) живих організмів і мають біологічне значення, називають **біогенними**, або **біоелементами**. За кількісним складом їх поділяють на чотири групи: *органогенні, макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи*.

Хімічні елементи, масова частка яких у клітині становить 98 %, називають **органогенними**. Їх чотири: Гідроген, Оксиген, Нітроген, Карбон (рис. 11).

**Гідроген** H входить до складу води й органічних речовин.

**Оксиген** O входить до складу води та багатьох органічних речовин, забезпечує реакції окиснення.

**Нітроген** N є обов'язковим компонентом органічних речовин.

**Карбон** C бере участь в утворенні органічних речовин.

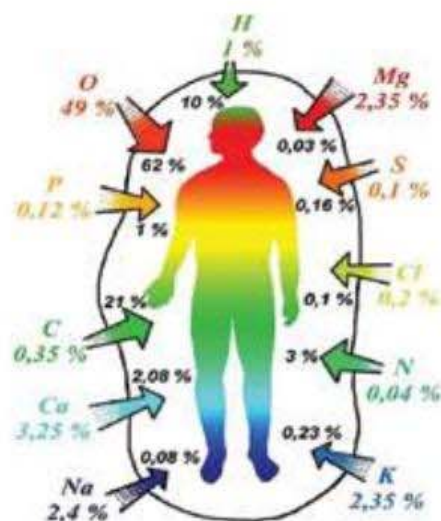


Рис. 10. Вміст деяких хімічних елементів у довікклій організмі людини (відсоток від маси)

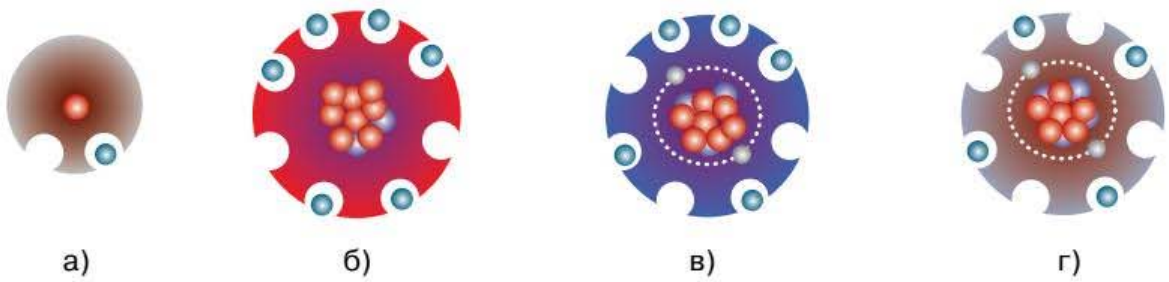


Рис. 11. Будова хімічних елементів: а) Гідроген; б) Оксиген; в) Нітроген; г) Карбон

Біологічне значення цих хімічних елементів пов'язане з їх валентністю, що дорівнює відповідно I, II, III, IV, а також здатністю утворювати міцні ковалентні зв'язки.

**Макроелементи** (з грецьк. *великий*) — це хімічні елементи, що містяться в кількостях понад 0,01 %. До них належать такі:

**Фосфор P** є обов'язковим компонентом АТФ, нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, ферментів, кісткової тканини й емалі зубів.

**Калій K** сприяє проведенню нервового імпульсу, активує ферменти білкового синтезу, процесу фотосинтезу, росту рослин.

**Сульфур S** входить до складу деяких амінокислот, білків, вітамінів, ферментів.

**Хлор Cl** є компонентом шлункового соку, оскільки входить до складу хлоридної (соляної) кислоти; активує ферменти.

**Кальцій Ca** входить до складу клітинної оболонки рослин, у тварин — до складу кісток і зубів. Упорядковує активність багатьох ферментів, активізує згортання крові, забезпечує проведення нервових імпульсів і скорочення м'язів.

**Натрій Na** регулює вуглеводний обмін, осмотичний тиск, бере участь у формуванні мембранних потенціалів, забезпечує проведення нервових імпульсів.

**Магній Mg** регулює активність ферментів, є складовою молекули хлорофілу, присутній у кістках і зубах.

**Ферум Fe** активує ферменти, забезпечує транспортування газів у складі гемоглобіну та міоглобіну.

**Мікроелементи** (з грецьк. *малий*) — хімічні елементи, кількість яких не перевищує 0,001 %.

**Йод I** впливає на обмін речовин у складі гормонів щитоподібної залози.

**Манган Mn** впливає на процеси кровотворення, активізує процеси фотосинтезу, підвищує врожайність рослин.

**Купрум Cu** бере участь у процесах кровотворення, фотосинтезу.

**Кобальт Co** є складовою вітаміну B<sub>12</sub>.

**Цинк Zn** входить до складу різних ферментів, зокрема гормону підшлункової залози інсуліну, який регулює обмін вуглеводів.

**Флуор F** міститься в кістках і зубах.

**Ультрамикроелементи** — це хімічні елементи, кількість яких в органічних сполуках менша за 0,000 001 %. Це Бром, Гідраргірум, Аурум, Аргентум. Їх біологічні функції вивчені ще недостатньо.

Хімічних елементів, властивих тільки живій природі, у клітинах не виявлено. Усі вони входять до складу неживої природи, що свідчить про єдність живої та неживої природи.



**Біологічні функції неорганічних йонів.** Частина хімічних елементів, яка міститься в клітині, входить до складу неорганічних, або мінеральних, речовин у вигляді *йонів* або *твердих речовин*. У клітинах і міжклітинних рідинах організму людини основними катіонами є  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Серед аніонів переважають  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{C}^{1-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

Разом з тим концентрація йонів у клітинах і довкіллі неоднакова. Так, концентрація  $\text{K}^+$  та  $\text{Na}^+$  неоднакова з різних боків мембрани клітини, що забезпечує активне перенесення речовин у клітину. Йони Кальцію беруть участь у процесах зсідання крові та скорочення м'язових волокон. Аніони ортофосфатної кислоти підтримують сталість рН у клітинах. Хлоридна кислота  $\text{HCl}$  регулює активність ферментів шлункового соку. Сполуки Кальцію  $\text{CaCO}_3$  є складовою черепашок найпростіших (форамініфери), молюсків, кісток і зубів тварин. Силіцій оксид  $\text{SiO}_2$  міститься в тканинах хвощів, утворює панцири діатомових водоростей і найпростіших (радіолярій).



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** **1.** Назвіть групи хімічних елементів, що входять до складу клітини. **2.** Яку функцію в клітині вони виконують? **3.** Про що свідчить подібність хімічного складу клітин організмів усіх царств живої природи? **4.** Як впливає нестача будь-якого хімічного елемента на життєдіяльність клітини й організму? **5.** Які хімічні елементи називають *біогенними*? Поясніть, чому.



**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів: «біогенні елементи», «макроелементи», «мікроелементи», «ультрамікроелементи».



**Домашнє завдання.** Складіть у зошиті таблицю «Мінеральні солі в живому організмі», користуючись підручником. Заповніть її.



**Запитання для допитливих.** Порівняйте хімічний склад живого організму та тіла неживої природи. Наведіть усі «за» і «проти» тези єдності живої та неживої природи.



**Це треба знати.** Різке порушення водно-сольового гомеостазу (наприклад, втрата великої кількості води в умовах пустелі або при захворюванні на дизентерію чи холеру) може спричинити смерть.

## § 4

### ОРГАНІЧНІ МОЛЕКУЛИ.

### БІОЛОГІЧНІ МАКРОМОЛЕКУЛИ – БІОПОЛІМЕРИ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** низько- й високомолекулярні сполуки, мономер, полімери, конденсація, гідроліз.

**Загальна характеристика органічних сполук.** В організм для забезпечення процесів життєдіяльності мають надходити з довкілля неорганічні речовини й органічні сполуки (рис. 12).

**Органічні сполуки** — це хімічні сполуки, які входять до складу тільки живих організмів та обов'язково містять атоми Карбону.



Рис. 12. Органічні речовини живих організмів

Розглянемо властивості Карбону, важливі для утворення органічних сполук:

- під час перебігу хімічних реакцій Карбон утворює міцні ковалентні зв'язки, успільнюючи чотири електрони;
- атоми Карбону, сполучаючись між собою, здатні утворювати стабільні ланцюги, які слугують *скелетами* макромолекул;
- атоми Карбону можуть сполучатися між собою *простими* (C–C) або кратними ковалентними зв'язками: *подвійними* (C=C), *потрійними* (C≡C), а також утворювати такі зв'язки з атомами Оксигену й Нітрогену.

Найпростішими органічними сполуками є сполуки Карбону та Гідрогену – **вуглеводні**. Однак до складу більшості органічних сполук входять й інші елементи – Оксиген, Нітроген, Фосфор і Сульфур. У молекулах таких сполук зв'язки між атомами ковалентні. Це позначається на їхній хімічній поведінці: молекули, як правило, не дисоціюють на йони й порівняно повільно взаємодіють одна з одною. Якщо в розчинах реакції між електrolітами відбуваються майже миттєво, то реакції між органічними речовинами проходять дуже повільно. Саме тому велике значення має застосування прискорювачів хімічних реакцій – *каталізаторів*.

**Мономери й полімери.** Залежно від маси молекул органічні речовини поділяють на *низько-* й *високомолекулярні*. Речовини з великою молекулярною масою є **полімерами** (з грецьк. *багато*). Вони складаються із сотень, тисяч і навіть мільйонів **мономерів** (з грецьк. *один*) – низькомолекулярних сполук. Полімери можуть містити мономери одного або різних типів. У живих організмів розрізняють три типи біополімерів: полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти. Мономерами в них є відповідно моносахариди, амінокислоти, нуклеотиди.

Для всіх типів біополімерів характерні такі властивості:

- полімер утворюється внаслідок реакції **конденсації**, яка супроводжується видаленням молекул води (рис. 13):

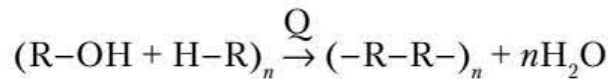


Рис. 13. Загальна схема реакції конденсації, де R – молекула мономера, Q – енергія

- реакція конденсації супроводжується поглинанням енергії;
- реакції полімеризації, що відбуваються в клітині, належать до процесів **біосинтезу** або **асиміляції**;
- розрив зв'язків між мономерами в полімерах супроводжується приєднанням молекул води. Таку реакцію називають **гідролізом** (рис. 14):

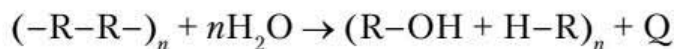


Рис. 14. Загальна схема реакції гідролізу (позначення такі, як на рис. 13)

- реакція гідролізу супроводжується вивільненням енергії;

• реакції гідролізу, що відбуваються в клітині, належать до процесів **дисиміляції**.

**Органічні компоненти клітини.** Ознайомимося з класами біомолекул, які складають основу структури та забезпечують функціонування живих організмів.

*Білки* — це біополімери, що складаються з *амінокислот*.

*Нуклеїнові кислоти* — дезоксирибонуклеїнова (ДНК) і рибонуклеїнова (РНК) — біополімери, що складаються з *нуклеотидів*. Вони є носіями спадкової інформації у вірусів і всіх живих організмів. Амінокислоти і нуклеотиди — «молекулярна абетка» клітини.

*Вуглеводи та їхні похідні (глюкоза, крохмаль, целюлоза)* — клас біомолекул, які в організмі людини та тварин виконують енергетичну функцію, беруть участь в утворенні біологічних структур (мембран, сполучної тканини).

*Ліпіди та їхні похідні (жири, олії, воски)* — біомолекули різної хімічної будови, які виконують численні біологічні функції: енергетичну, структурну тощо.

*Вітаміни* — сполуки, що не синтезуються у тваринних організмах і мають постійно надходити в організм у складі продуктів харчування рослинного (більшість водорозчинних вітамінів) або тваринного (деякі жиророзчинні вітаміни) походження.

*Гормони* — біомолекули різної хімічної природи та надзвичайно високої біологічної активності, завдяки чому здійснюють регуляцію всіх систем організму.

Відмінності між макромолекулами ми розглянемо в наступних параграфах, а зараз лише звернемо вашу увагу на те, що полімери, які утворюються внаслідок життєдіяльності живих організмів (білки, крохмаль, целюлоза), а також їхні похідні (натуральний каучук, латекс), називаються *природними*, або *натуральними*, полімерами. Хімічною модифікацією природних полімерів отримують *штучні* полімери (наприклад, нітроцелюлозу), а синтезом із мономерів на хімічному виробництві — *синтетичні* (наприклад, поліетилен).



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Які речовини називають *органічними*? Наведіть приклади цих речовин. 2. Чим органічні молекули відрізняються від неорганічних? 3. Які речовини називають *мономерами*, а які — *полімерами*? 4. Які види полімерів ви знаєте? Наведіть приклади. 5. Назвіть причини великої різноманітності органічних сполук.



**Самостійна робота з підручником.** Дайте відповідь на запитання: 1. Які особливості будови атома Карбону зумовлюють його незамінність в утворенні органічних молекул? 2. Чи можуть атоми інших хімічних елементів утворювати ланцюги, сполучаючись між собою ковалентними зв'язками?



**Домашнє завдання.** Складіть у зошиті таблицю «Органічні сполуки клітини», заповніть її.



**Запитання для допитливих.** Чи можуть однакові за структурою органічні сполуки виконувати різні біологічні функції? Обґрунтуйте відповідь, наведіть приклади.

## § 5

БІЛКИ, ЇХНЯ СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
ТА ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** білки, амінокислоти (незамінні, замінні); амфотерні властивості, пептидний зв'язок; первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури білка; прості й складні білки; денатурація білків.



Герріт Ян  
Мюльдер

**Загальна характеристика білків.** «У всіх рослинах і тваринах присутня деяка речовина, яка, безсумнівно, є найважливішою з усіх відомих речовин живої природи та без якої життя на нашій планеті було б неможливе. Цю речовину я назвав протеїн». Так писав у 1838 р. **Г. Я. Мюльдер** (1802–1880) — голландський хімік, який уперше описав хімічний склад білків.

Нині можна дати таке визначення цим речовинам: **білки**, або **протеїни** (з грецьк. *первинний*), — складні високомолекулярні нітрогеновмісні органічні речовини (біополімери), що складаються з амінокислот, сполучених між собою пептидними зв'язками.

Білкова молекула складається з Карбону, Оксигену, Гідрогену й Нітрогену. До її складу можуть входити Сульфур, Ферум і деякі інші хімічні елементи.

Різноманітність білкових молекул забезпечується різними комбінаціями залишків 20 амінокислот (кількість можливих варіантів послідовності амінокислот у молекулах білків фактично необмежена). Кожний білок характеризується постійним складом амінокислотних залишків та їхньою послідовністю.

**Будова амінокислот.** Мономерами білків є **амінокислоти** — органічні карбонові кислоти, у яких хоча б один з атомів Гідрогену замінюється на аміногрупу.

У природі виявлено понад 150 амінокислот. Однак звичайними компонентами молекул білків рослин, тварин і мікроорганізмів є лише 20 амінокислот, які називають **основними**.

Характерна особливість амінокислот — наявність у їхній хімічній структурі двох функціональних груп: **карбоксильної**, якій притаманні кислотні властивості, й **аміногрупи** з лужними властивостями та **радикалу**, або **R-групи** (рис. 15).

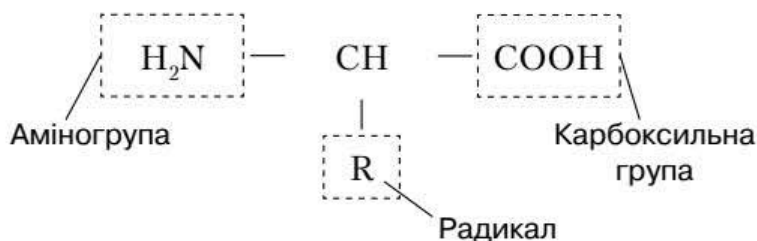


Рис. 15. Загальна будова амінокислоти

У різних амінокислот радикали мають різну будову. Саме ця відмінність ви-

значає унікальні властивості кожної амінокислоти. Зазвичай вони мають одну карбоксильну й одну аміногрупу, тому їх молекули *електронеутральні*.

Рослини здатні синтезувати всі необхідні амінокислоти з більш простих речовин. Тварини й людина не можуть синтезувати потрібні амінокислоти, тому вони мають надходити з їжею. Такі амінокислоти називають *незамінними*. Амінокислоти, які синтезуються в достатній кількості з незамінних амінокислот чи інших сполук, називають *замінними*.

**Властивості амінокислот.** Амінокислоти — це добре розчинні у воді речовини. За наявності двох функціональних груп — кислотної та лужної — вони ведуть себе як *амфотерні* (з грецьк. *двобічний*) сполуки, виявляючи водночас властивості кислоти й лугу.

Амфотерність амінокислот дуже важлива. По-перше, вона створює умови для утворення пептидних зв'язків між амінокислотами, а по-друге, дає їм змогу бути буфером і підтримувати в клітині сталу кислотність.

Зв'язок, що утворюється внаслідок виділення молекули води при взаємодії аміногрупи однієї амінокислоти з карбоксильною групою іншої, називають *пептидним зв'язком*, а реакцію — *реакцією конденсації*. Речовина, яка утворюється з двох амінокислот, називається *дипептидом*. У такій сполуки на одному кінці міститься аміногрупа, на іншому — карбоксильна. Завдяки цьому дипептид здатний приєднувати інші амінокислоти. У разі приєднання третьої амінокислоти утворюється трипептид, а багатьох амінокислот — *поліпептид* (рис. 16).

Амінокислоти здатні утворювати й інші типи зв'язків, необхідні для формування просторової організації білкових молекул. Наприклад, *дисульфідний зв'язок* (–S–S–) та *водневі зв'язки*. Таких зв'язків зазвичай утворюється безліч, тому їхній внесок у стабілізацію просторової будови поліпептидної молекули є значним.

**Будова та рівні структурної організації білків.** Усі білки в організмі людини (їх понад 10 тисяч) побудовані з 20 амінокислот. Кожному білку властива особлива просторова організація (*конформація*). Розрізняють чотири рівні структурної організації білкової молекули.

**Первинна структура білка** — це послідовність амінокислот, сполучених між собою пептидними зв'язками в поліпептидний ланцюг (рис. 17, а). Саме амінокислотна послідовність визначає біологічну функцію білка. Заміна або втрата бодай однієї амінокислоти зумовлює різкі зміни властивостей білка.

**Вторинна структура** — це  $\alpha$ -спіраль чи  $\beta$ -шар (складчаста структура).

$\alpha$ -спіраль виникає внаслідок утворення водневих зв'язків між Гідрогеном NH-групи й Оксигеном CO-групи, розміщених на різних витках спіралі (на відстані чотирьох амінокислотних залишків). У такій структурі утворюється велика кіль-

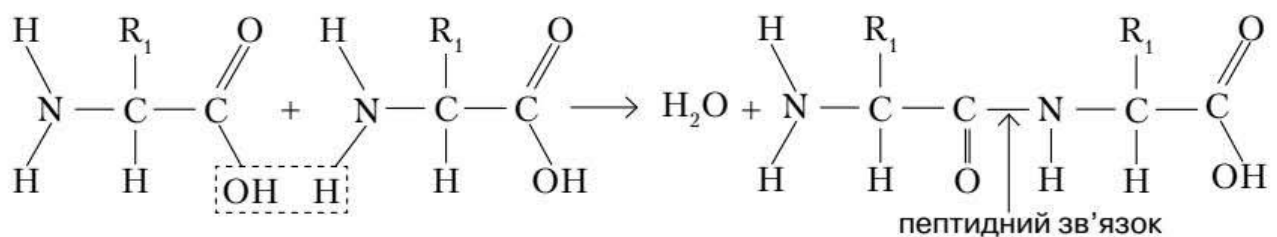


Рис. 16. Приклад утворення пептидних зв'язків між амінокислотами

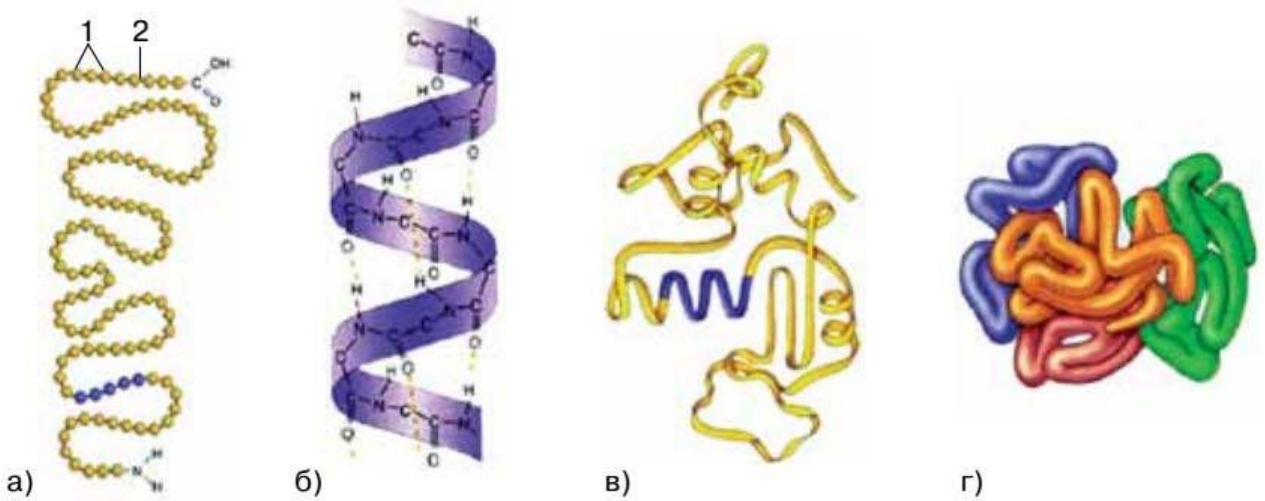


Рис. 17. Рівні структурної організації білкової молекули: а) первинна структура, б) вторинна, в) третинна, г) четвиртинна; 1 — амінокислоти; 2 — пептидний зв'язок

кість водневих зв'язків, тому вона досить стабільна. Наприклад, білок кератин, який входить до складу волосся, нігтів і пір'я, має вигляд  $\alpha$ -спіралі й ниткоподібну структуру (рис. 17, б).

$\beta$ -шар виникає внаслідок утворення водневих зв'язків між Гідрогеном NH-групи й Оксигеном CO-групи, розміщених на паралельних поліпептидних ланцюгах. Наприклад, таку структуру має природний шовк.

**Третинна структура** (рис. 17, в) виникає внаслідок подальшого укладання поліпептидного ланцюга в просторі з утворенням клубка (*глобули*). Хімічні зв'язки, що підтримують третинну структуру, забезпечуються силами гідрофільно-гідрофобної взаємодії водневих, йонних і дисульфідних зв'язків.

За формою третинної структури білки поділяють на *глобулярні* (округлої або еліпсоподібної форми) і *фібрилярні* (нитчастої форми).

Проте деякі білки побудовані з кількох поліпептидних ланцюгів, кожен з яких має третинну будову. Тому **четвиртинна структура** білка — це організація з декількох поліпептидних ланцюгів із третинною структурою, об'єднаних в одну функціональну молекулу. Стабілізують четвиртинну структуру ті самі зв'язки, що й третинну (рис. 17, г). Четвиртинну будову білка, наприклад, має молекула гемоглобіну.

Залежно від особливостей хімічної будови білки поділяють на *прості* й *складні*. Прості мають у своєму складі тільки амінокислотні залишки, а складні — крім амінокислот, ще й залишки ортофосфатної та нуклеїнових кислот, вуглеводів, ліпідів, атоми Феруму, Цинку, Купруму тощо.

**Властивості білків.** Амінокислотний склад і просторова організація білка визначають його фізико-хімічні властивості, а саме: високу в'язкість розчинів, малу швидкість дифузії, здатність до значного набрякання, рухливість в електричному полі тощо. Під дією різних факторів довкілля молекули білка можуть втрачати свої природні властивості.

**Денатурація білків** — це втрата білковою молекулою просторової структури та порушення її фізико-хімічних властивостей. Вона відбувається внаслідок дії різних факторів: кислот, лугів, органічних розчинників, нагрівання до температури 60–80 °С, високих доз випромінювання. При цьому руйнуються слабкі зв'язки

(водневі, йонні, гідрофобні) без руйнування первинної структури. Денатурація білка відбувається при варінні чи смаженні риби, м'яса, овочів тощо. Після припинення дії цих факторів просторова організація білків відновлюється, тобто здійснюється **ренатурація** білка (рис. 18). Процес руйнування первинної структури білків називають **деструкцією** (з латин. *руйнування*). Цей процес завжди має незворотний характер.

**Функції білків.** Основними функціями білків є такі:

*будівельна (структурна)* — білки є складовою частиною клітинних мембран і органел, головним компонентом хрящів і сухожиль (колаген), кісток (остеїн), волосся (кератин);

*рухова* — забезпечується скорочувальними білками (актин, міозин), які зумовлюють рух війок і джгутиків, скорочення м'язів, рух органів рослин;

*транспортна* — білки переносять гази (гемоглобін, міоглобін), здійснюють активне транспортування багатьох речовин через мембрану;

*захисна* — антитіла, які утворюються у відповідь на появу чужорідних речовин (антигенів), забезпечують імунологічний захист (інтерферон). Білки фібриноген і протромбін беруть участь у процесах зсідання крові, запобігаючи значній крововтраті;

*сигнальна (рецепторна)* — здійснюють приймання сигналів із зовнішнього середовища й передавання їх у клітину;

*регуляторна* — білки-гормони впливають на обмін речовин, забезпечуючи сталість умов (гомеостаз). Наприклад, інсулін і глюкагон регулюють рівень глюкози в крові, тироксин — психічний і фізичний розвиток;

*каталітична (ферментативна)* — білки-ферменти впливають на перебіг біохімічних процесів у клітині;

*запасуюча* — резервні білки можуть бути запасними поживними речовинами. Наприклад, у тварин це казеїн (білок) молока; альбумін (білок яйця) запасав воду, міоглобін — кисень у м'язових волокнах; й білки насіння багатьох рослин є джерелом живлення для зародка;

*харчова* — білки їжі є основним джерелом амінокислот (особливо незамінних) для тварин і людини, білок молока казеїн — для дитинчат ссавців;

*енергетична* — при окисненні 1 г білка вивільняється 17,6 кДж енергії, тому білки є джерелом енергії для організму.

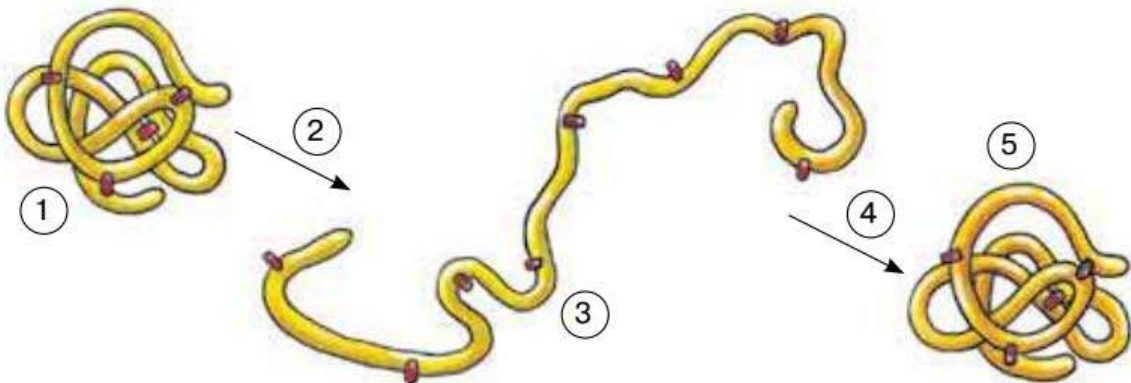


Рис. 18. Властивості білків (денатурація і ренатурація):

1 — молекула білка до денатурації; 2 — денатурація; 3 — денатурований білок; 4 — ренатурація білкової молекули; 5 — відновлення природної структури білка



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Які хімічні елементи входять до складу білкової молекули? 2. Що таке *амінокислоти*? 3. Як властивості амінокислот пов'язані з їхньою будовою? 4. Чим білки відрізняються від інших полімерів — крохмалю, целюлози? 5. Як здійснити денатурацію та ренатурацію білка?



**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: «білок», «дипептид», «поліпептид», «амфотерність»; «замінні амінокислоти», «незамінні амінокислоти»; «конформація», «денатурація», «ренатурація», «деструкція».



**Домашнє завдання.** 1. Як утворюється первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури білка? 2. Які функції білків вам відомі?



**Запитання для допитливих.** Як створюється нескінченне різноманіття білків? Яке біологічне значення такого різноманіття?

## § 6

### ФЕРМЕНТИ, ЇХНЯ РОЛЬ У КЛІТИНІ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** біологічний каталізатор, субстрат, метаболічний шлях, енергія активації, специфічність ферменту, активний центр.

**Будова і властивості ферментів.** У природі існують особливі речовини білкової природи, які однаково успішно функціонують у живій клітині та за її межами. Так, унаслідок їхньої дії складові компоненти їжі (білки, вуглеводи, ліпіди) розщеплюються до простих сполук, з яких потім синтезуються нові, властиві певному виду макромолекули. Ці речовини дістали назву *ферменти*.

**Ферменти** (з латин. *бродіння, закваска*), або **ензими**, — це біологічні каталізатори, речовини білкової природи, які впливають на перебіг хімічних реакцій у клітині. **Каталіз** (з грецьк. *припинення*) — зміна швидкості перебігу хімічних реакцій під дією певних хімічних сполук (рис. 19).

Усі ферменти є білками з третинною або четвертинною структурою. Вони бувають простими і складними. Прості ферменти містять тільки амінокислотні залишки (пепсин, трипсин тощо). Складні ферменти утворені білковою і небілковою (вітамінна або неорганічна речовина) частинами. За відсутності небілкової частини фермент різко знижує або втрачає свою активність.

Особливістю ферментів є їхня специфічність, тобто вони каталізують тільки одну реакцію або реакції одного типу. Швидкість ферментативних реакцій зале-

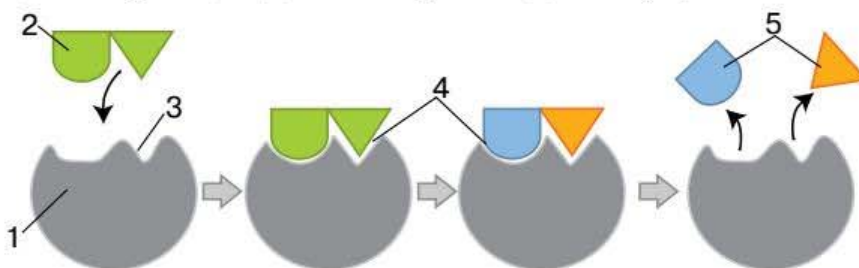


Рис. 19. Механізм дії ферментів: 1 — фермент; 2 — субстрат; 3 — активний центр; 4 — фермент-субстратний комплекс; 5 — продукт реакції



жить від концентрації ферменту, природи речовини, температури, тиску, реакції середовища (кислої або лужної).

**Механізм дії ферментів.** Утворення будь-якого кінцевого продукту з вихідної речовини (*субстрат*) відбувається через послідовні хімічні перетворення, кожне з яких каталізується певним ферментом. Така послідовність реакцій називається *метаболічним шляхом*.

Молекули ферментів набагато більші за розміром, ніж молекули субстрату, на які вони діють. Із субстратом взаємодіє тільки невелика частина ферменту, яку називають **активним центром**. Роль іншої частини молекули ферменту полягає в збереженні її просторової структури.

Унаслідок взаємодії ферменту із субстратом утворюється фермент-субстратний комплекс, який після закінчення реакції розпадається на кінцеві продукти і фермент. Під час реакції фермент не змінюється; після її закінчення залишається таким, яким був на початку, і може взаємодіяти з новою молекулою субстрату.

У 1890 р. німецький біолог **Е. Г. Фішер** (1852–1919) висунув гіпотезу про те, що просторова будова активного центру ферменту відповідає просторовій будові молекули субстрату, як ключ і замок. Тому її називають моделлю «ключ–замок», де ключ порівнюється із субстратом, а замок — із ферментом.

**Застосування ферментів.** Ферменти використовують практично в усіх сферах людської діяльності: мікробіологічній, харчовій і текстильній промисловості, медицині, фармакології. Це пов'язано з тим, що вони зберігають свої унікальні властивості як у живих клітинах, так і поза ними.

Наприклад, у сільському господарстві ферментні препарати застосовують у харчових раціонах тварин і птахів, при заготівлі кормів тощо. У текстильній промисловості — для видалення крохмалю, у харчовій — для освітлення фруктових соків. Сучасні пральні порошки також мають ферментні добавки.


У медицині ферменти застосовують як лікарські засоби для визначення різноманітних захворювань (дослідження активності ферментів плазми крові, сечі, шлункового соку тощо).




Еміль Герман Фішер

 **Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Що таке ферменти? 2. Яку функцію виконує активний центр? 3. У чому полягає специфічність дії ферментів? 4. Розкрийте механізм дії ферментів.

 **Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів: «субстрат», «метаболічний шлях», «активний центр».

 **Домашнє завдання.** 1. Чому за нестачі або відсутності певних вітамінів в організмі людини і тварин спостерігають порушення обміну речовин? 2. Яку роль відіграють ферменти в обміні речовин і діагностиці функціонального стану організму?

 **Запитання для допитливих.** Поясніть, чому в медичній практиці використовується термометр зі шкалою від 34,5 до 42 °С.

## § 7 ВУГЛЕВОДИ ТА ЛІПІДИ

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** вуглеводи, моносахариди; рибоза й дезоксирибоза, гексози; складні вуглеводи: дисахариди і полісахариди (крохмаль, глікоген, клітковина); ліпіди: жири, олії, фосфоліпіди, гліколіпіди, воски; насичені й ненасичені жирні кислоти.

**Загальна характеристика вуглеводів.** *Вуглеводи* — це органічні сполуки загальною формулою  $C_n(H_2O)_n$ , де  $n$  дорівнює 3 і більше. Утворюються з Карбон(IV) оксиду та води в процесі фотосинтезу, що відбувається в рослинах і ціанопркаріотах. Джерелом вуглеводів для тварин є рослини. Вміст вуглеводів у клітинах рослин значний — майже 80 %, а у тварин і грибів — близько 1 %.

Вуглеводи залежно від кількості мономерів, що входять до складу їхніх молекул, поділяють на *моносахариди*, *олігосахариди* й *полісахариди*.

*Моносахариди* в складі молекули найчастіше містять від 3 до 6 атомів Карбону. Інші в природі не трапляються, проте можуть бути синтезовані.

Найпоширенішими моносахаридами є *пентози* ( $C_5$ ) і *гексози* ( $C_6$ ). Серед пентоз — це *рибоза*, яка входить до складу РНК та АТФ, і *дезоксирибоза*, яка входить до складу ДНК. *Тріози* ( $C_3$ ) у живих організмах є проміжними продуктами розщеплення глюкози, *тетрози* ( $C_4$ ) трапляються рідко.

В енергетичному забезпеченні організму важливе значення мають гексози: глюкоза, фруктоза й галактоза. *Глюкоза* (з грецьк. *солодкий*), або виноградний цукор, є головним джерелом енергії для тваринних клітин. *Фруктоза* — плодовий цукор, у великих кількостях міститься в плодах. *Галактоза* входить до складу молочного цукру.

**Складні вуглеводи.** *Олігосахариди* — сполуки, у яких від 2 до 10 моносахаридів, сполучені ковалентними зв'язками. Так, *дисахариди* утворені залишками двох моносахаридів. Найважливіше значення серед них мають сахароза, мальтоза, лактоза.

*Лактоза* (молочний цукор) складається із залишків глюкози та галактози. Синтезується в молочних залозах у період *лактації* (вигодовування дитини молоком). Є важливим компонентом харчування людини, сприяє розвитку молочнокислих бактерій, які пригнічують процеси гниття в кишечнику (рис. 20).

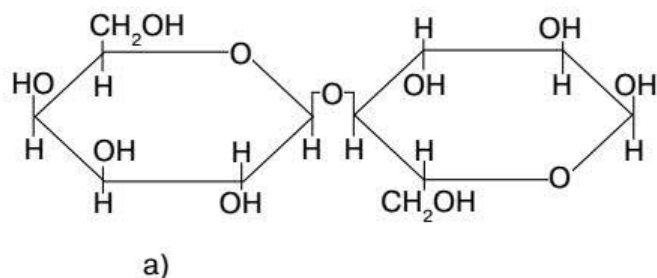


Рис. 20. Лактоза: а) структурна формула; б) молоко

**Сахароза** (тростинний або буряковий цукор) складається із залишків глюкози та фруктози. Міститься в стеблах, коренях, бульбах і плодах рослин (рис. 21).

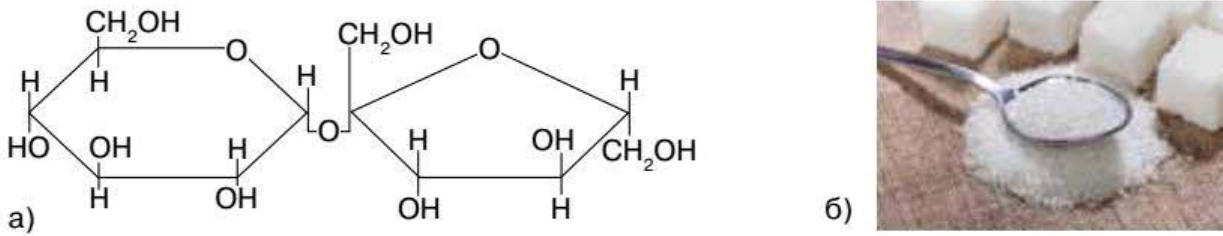


Рис. 21. Сахароза: а) структурна формула; б) цукор

**Мальтоза** (солодовий цукор) складається із залишків двох молекул глюкози. Утворюється з крохмалю під час проростання насіння і є джерелом енергії для заростку.

Моно- й дисахариди — це білі тверді кристалічні речовини, які гарно розчиняються у воді й солодкі на смак.

**Полісахариди** — полімери, які утворюються сполученням десятків тисяч залишків моносахаридів у лінійні або розгалужені ланцюги. На відміну від моно- й дисахаридів, вони не солодкі на смак і не розчиняються у воді.

**Крохмаль** — рослинний полісахарид, є поживною речовиною в рослин (крохмальні зерна в бульбах картоплі та зернах злакових). **Глікоген** — тваринний полісахарид, що складається з 6–30 тисяч залишків глюкози. Він може відкладатися про запас як резервне джерело енергії. **Клітковина (целюлоза)** — основна складова частина клітинної оболонки рослин (рис. 22).

**Біологічні функції вуглеводів.** Вуглеводи виконують численні функції, зокрема такі: *структурну (будівельну)* — рибоза входить до складу РНК і АТФ, дезоксирибоза — до складу ДНК; целюлоза є основним компонентом клітинної оболонки рослин, муреїн — бактерій, хітин — зовнішнього скелета членистоногих (рис. 23) і клітинної оболонки грибів;

*енергетичну* — вуглеводи є основним джерелом енергії для організму (при окисненні 1 г вуглеводів виділяється 17,6 кДж енергії);

*резервну* — полісахариди можуть відкладатися в клітині про запас (наприклад, у тварин і грибів — глікоген, у рослин — крохмаль);

*захисну* — полісахариди входять до складу компонентів імунної системи, є складовою слизу, що вкриває поверхню сечостатевого шляху, травного каналу, дихальних шляхів, захищаючи їх від проникнення хвороботворних бактерій, вірусів і механічних ушкоджень;

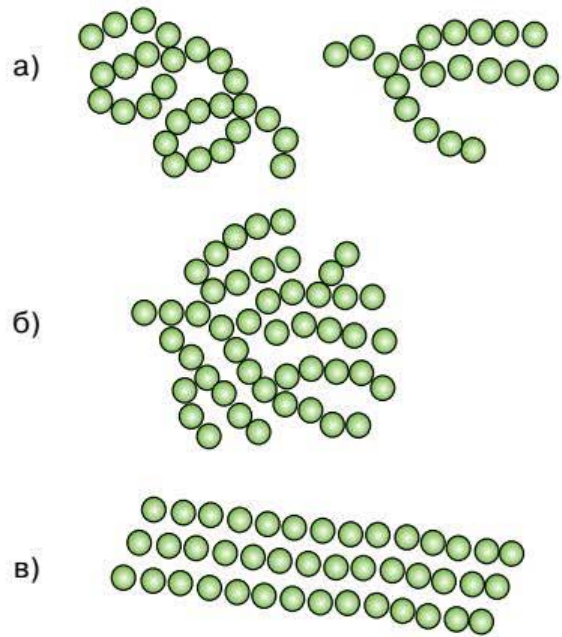


Рис. 22. Просторова структура полісахаридів: а) крохмаль; б) глікоген; в) целюлоза



Рис. 23. Червоний краб

*регуляторну* — клітковина не розщеплюється ферментами в кишечнику, проте активує його перистальтику, що сприяє засвоєнню поживних речовин.

**Загальна характеристика ліпідів.** *Ліпіди* (з грецьк. *жир*) — це органічні речовини, які не розчиняються у воді (гідрофобні), а тільки в органічних розчинниках (ацетоні, хлороформі, естері, метанолі, бензолі тощо).

Залежно від хімічної структури компонентів ліпіди поділяють на прості й складні.

**Компоненти ліпідів.** Структурними компонентами ліпідів є *жирні кислоти* — довголанцюгові органічні кислоти, нерозчинні у воді. Розрізняють *насичені* (не містять подвійних зв'язків) і *ненасичені* (містять подвійні зв'язки) жирні кислоти (рис. 24).

До складу більшості ліпідів входить трьохатомний спирт *гліцерол* (рис. 25).

**Прості ліпіди.** Сполуки трьохатомного спирту гліцеролу та жирних кислот називають *жирами* й *оліями*. Поділ їх на групи здійснюється залежно від того, залишається ця речовина рідкою чи твердою при температурі 20 °С.

За походженням розрізняють тваринні й рослинні жири. *Рослинні жири* зазвичай називають *оліями*. Це, зокрема, соняшникова, кукурудзяна (рис. 26),

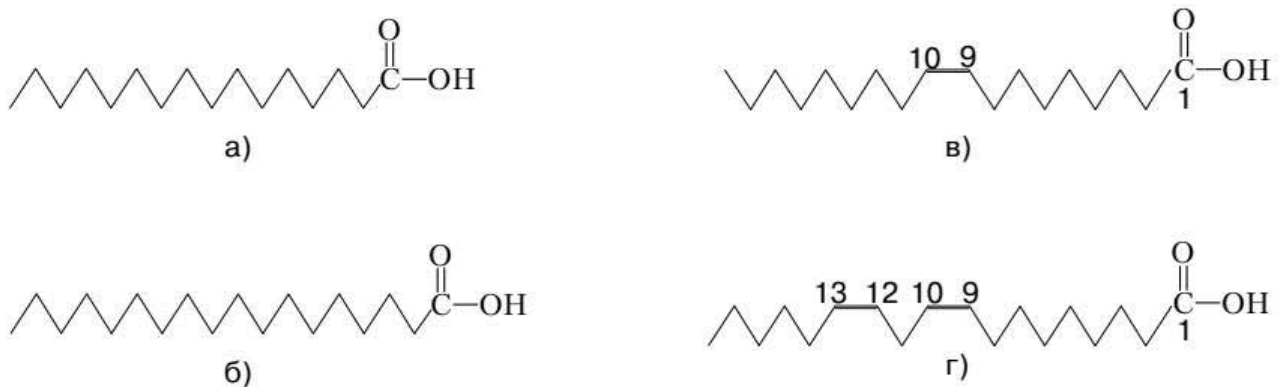


Рис. 24. Будова жирних кислот: насичених — а) пальмітинова; б) стеаринова і ненасичених — в) олеїнова; г) лінолева

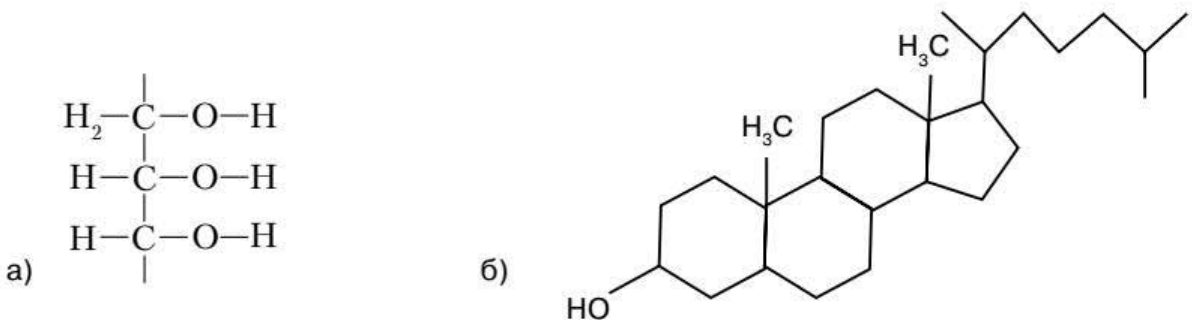


Рис. 25. Будова спиртів, що входять до складу ліпідів: а) гліцерол; б) холестерол

оливкова, льняна, бавовняна. Вони містять переважно ненасичені жирні кислоти. У кокосовому й пальмовому жирах та отриманому з какао-бобів переважають насичені кислоти, тому при кімнатній температурі вони тверді.

*Тваринні жири* (яловичий жир, свиняче сало, вершкове масло) містять переважно насичені кислоти. Найтвердішими є яловичий і баранячий жири, а жири морських ссавців і риб здебільшого рідкі.

При окисненні жир гіркне, з'являється неприємний запах і смак.

**Воски** — це група твердих жироподібних речовин природного (рослинного або тваринного) походження. У рослин вони утворюють плівку, яка вкриває тонким шаром листки, стебла, плоди, оберігаючи їх від змочування водою, висихання, проникнення мікроорганізмів.

Восками тваринного походження є бджолиний віск, ланолін, стеарин. У хребетних тварин віск секретується шкірними залозами, утворюючи захисну плівку на пір'ї, шерсті, виконує роль гідроізоляції. Із воску бджоли будують гніздо у вигляді комірок-стілників (рис. 27). Деякі продукти бджільництва використовують у фармацевтичній промисловості. *Ланолін* (вовняний віск) отримують при промиванні овечої вовни, використовують у парфумерії та фармації для виготовлення мазей, кремів тощо. *Стеарин* — у виробництві мила, свічок і текстилю.

**Складні ліпіди. Фосфоліпіди** — це складні ліпіди, утворені залишками жирних кислот, ортофосфатною кислотою та багатоатомними й аміноспиртами (рис. 28). Вони є основними складовими біологічних мембран; забезпечують рецепторну, бар'єрну й транспортну функції.

При струшуванні у воді фосфоліпіди утворюють *міцели*, у яких неполярні хвости збираються всередині частинки, а полярні голівки розташовуються на її поверхні, взаємодіючи з молекулами води (рис. 29, а). Фосфоліпіди також здатні утворювати біліпідні шари (рис. 29, б) і *ліпосоми* — замкнуті бульбашки, оточені безперервним біліпідним шаром (рис. 29, в).

**Гліколіпіди** — речовини, що утворюються внаслідок сполучення ліпідів з вуглеводами. Вони входять до складу нервової тканини.



Рис. 26. Кукурудзяна олія



Рис. 27. Бджолині стільники

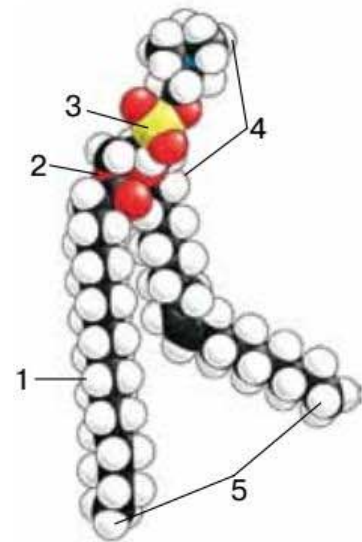


Рис. 28. Будова молекули фосфоліпіду: 1 — залишки жирних (карбонових) кислот; 2 — залишок гліцеролу; 3 — залишок фосфатної кислоти; 4 — гідрофільна голівка; 5 — гідрофобні хвости

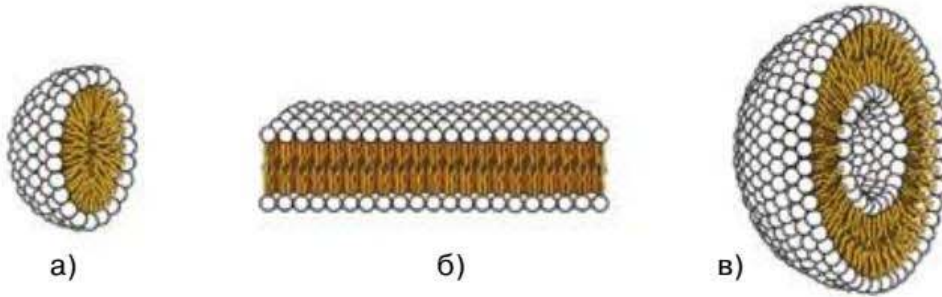


Рис. 29. Структури, утворені фосфоліпідами:  
а) міцела; б) біліпідний шар (бішар); в) ліпосома

**Стероїди** — це складні естери циклічних спиртів *стеролів* і жирних кислот. Найпоширенішим у тваринних організмів є *холестерол* (холестерин). Стероїдну природу мають і статеві гормони — жіночі (естрогени, прогестерон) і чоловічий (тестостерон).

**Біологічні функції ліпідів.** Ліпіди виконують такі функції:

*енергетичну* — при повному окисненні 1 г жиру виділяється 38,9 кДж енергії (жодна органічна речовина не здатна при окисненні виділяти таку кількість енергії);

*структурну (будівельну)* — ліпіди є структурними компонентами клітинних мембран усіх тканин (особливо нервової) та органів;

*захисну* — у тварин шар жиру захищає внутрішні органи від механічних ушкоджень. Цю функцію виконують підшкірна жирова клітковина, навколониркова капсула тощо. Восковий шар на листках рослин захищає їх від надмірного випаровування, дії низьких температур і сонячних променів;

*теплоізоляційну* — жири погано проводять тепло, тому, відкладаючись під шкірою, вони допомагають його зберегти (кити, тюлені);

*регуляторну* — беруть участь в утворенні та функціонуванні багатьох біологічно активних сполук (наприклад, жиророзчинних вітамінів А, D, Е, К);

*запасуючу* — краплини жиру всередині клітини, жирові депо комах, сальник і підшкірна жирова клітковина людини.

Жири — *постачальники ендогенної води*: при окисненні 100 г жиру виділяється 107 мл води, завдяки чому в пустелі виживає багато тварин (наприклад, тушканчики, верблюди).



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Які сполуки називають *вуглеводами*? 2. Які основні функції виконують вуглеводи? Наведіть приклади. 3. У чому полягає відмінність жирів від олій? 4. Які основні функції виконують ліпіди? 5. Обґрунтуйте зв'язок між будовою та функціями ліпідів.



**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: «вуглеводи», «моносахариди», «пентози», «гексози», «дисахариди», «полісахариди», «рибоза», «дезоксирибоза», «глюкоза», «фруктоза», «галактоза», «лактоза», «сахароза», «мальтоза», «крохмаль», «глікоген», «клітковина».

**Домашнє завдання.** 1. Охарактеризуйте біологічні функції вуглеводів, скориставшись підручником. Оформіть відповідь у вигляді таблиці. 2. Складіть у зошиті схему «Функції ліпідів».

**Запитання для допитливих.** Відомо, що верблюди можуть обходитися без води 10–15 днів, а деякі тварини в період сплячки не п'ють понад 2 місяці. Як у цей час вони забезпечують клітини водою?

**Це цікаво знати.** Характерним прикладом ролі жирів і восків у біологічній адаптації є їх використання кашалотом — морським ссавцем, у якого маса голови становить третину маси тіла. Над верхньою щелепою тварини міститься спеціальний орган — спермацетовий мішок, на який припадає 90 % маси голови (рис. 30). У ньому міститься до 4 т спермацету — суміші, багатой на ненасичені жирні кислоти. При температурі 37 °С спермацет рідкий, а при 31 °С — твердий. За допомогою спермацетового мішка кашалот підтримує необхідний рівень плавучості, відповідно до густини води. Завдяки різному стану спермацету тварина може до 50 хв перебувати на великій глибині, полюючи на кальмарів, і піднімається на поверхню лише на короткий час для поповнення запасів кисню.

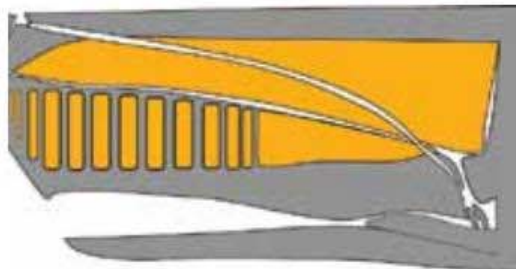


Рис. 30. Спермацетовий мішок кашалота

## § 8

# НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. РОЛЬ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ ЯК НОСІЯ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** нуклеотид, полінуклеотид; нуклеїнові кислоти — дезоксирибонуклеїнова і рибонуклеїнова; нітратні основи — аденін, гуанін, цитозин, тимін, урацил.

**Загальна характеристика нуклеїнових кислот.** *Нуклеїнові кислоти* — високомолекулярні біополімери, мономерами яких є *нуклеотиди*. Тому ланцюг молекули нуклеїнової кислоти називають *полінуклеотидом*.

У клітинах усіх живих організмів є два типи нуклеїнових кислот: *дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)* і *рибонуклеїнова кислота (РНК)*. Вони відрізняються за хімічною будовою та функціями, які виконують в організмах.

Молекула ДНК міститься в ядрі еукаріотичних клітин у складі хромосом і в деяких клітинних органелах (мітохондріях і пластидах). У клітинах прокариотів (бактерій і архей) — у цитоплазмі. Різні види РНК зазвичай містяться в цитоплазмі.

**Історія відкриття нуклеїнових кислот.** Процес пізнання структури й функцій нуклеїнових кислот був тривалим і не закінчився ще й дотепер. У 1869 р. швейцарський дослідник Ф. Мішер уперше виділив з ядер лейкоцитів людини невідому речовину, яку спочатку назвав нуклеїн (з латин. *ядро*). Коли було визначено, що речовина має кислотні властивості, вона отримала назву *нуклеїнова кислота*.

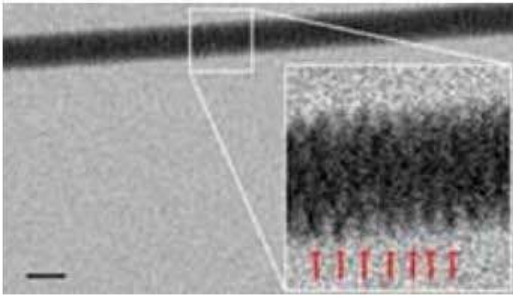


Рис. 31. Електронна мікрофотографія ДНК

Знадобилося понад 50 років, щоб установити хімічний склад нуклеїнових кислот. Минув ще тривалий час, і лише в 1950 р. американський учений українського походження **Е. Чаргаф** (1905–2002) виявив певні закономірності кількісного вмісту різних типів нітрогеновмісних основ у молекулі ДНК.

У 1953 р. Дж. Уотсоном і Ф. Кріком на основі рентгеноструктурних даних, отриманих **М. Вілкінсом** (1916–2004) і **Р. Франклін**

(1920–1958), і правил Чаргаффа була запропонована структура подвійної спіралі ДНК (рис. 31). Це відкриття стало поворотним моментом в історії біології. За нього Ф. Крік, Дж. Уотсон і М. Вілкінс отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини у 1962 р.



Ервін Чаргаф

**Нуклеотиди.** Як ви вже знаєте, мономерами нуклеїнових кислот є нуклеотиди. Кожний нуклеотид містить три компоненти, сполучені міцними хімічними зв'язками (рис. 32).

- моносахарид (пентоза) — *дезоксирибоза* у ДНК і *рибоза* у РНК;
- нітрогеновмісні сполуки — *аденін* (А), *гуанін* (Г), *цитозин* (Ц), *тимін* (Т), *урацил* (У).
- залишок *ортофосфатної кислоти*.

Два мономери-нуклеотиди під час реакції конденсації утворюють динуклеотид, унаслідок чого між фосфатною групою одного нуклеотиду і гідроксильною групою моносахариду іншого виникає фосфодіестерний зв'язок. При синтезі полінуклеотидного ланцюга (рис. 33) ця реакція повторюється десятки тисяч і навіть мільйони разів.

Нуклеотиди є складниками не тільки нуклеїнових кислот, а й ферментів. Вільні нуклеотиди (зокрема, АТФ, цАМФ, АДФ) відіграють важливу роль в енергетичних та інформаційних внутрішньоклітинних процесах.

**Будова ДНК і РНК.** У більшості живих організмів (крім деяких вірусів) молекула ДНК складається з двох довгих полінуклеотидних ланцюгів.

Досліджуючи хімічний склад ДНК, Е. Чаргаф з співробітниками встановив певні закономірності вмісту залишків нітрогеновмісних основ (*правила Чаргаффа*):

1. Кількість аденіну в ДНК дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну — кількості цитозину ( $A=T$ ,  $G=C$ ).

2. Нітрогеновмісні основи в ДНК утворюють пари: аденін–тимін, гуанін–цитозин і є *комплементарними* (з латин. *доповнення*) одна одній. Кількість комплементарних пар у молекулі ДНК завжди однакова.

3. Сума аденіну й гуаніну в ДНК дорівнює сумі тиміну й цитозину ( $A + G = T + C$ ).



Моріс Вілкінс



Розалінд Франклін



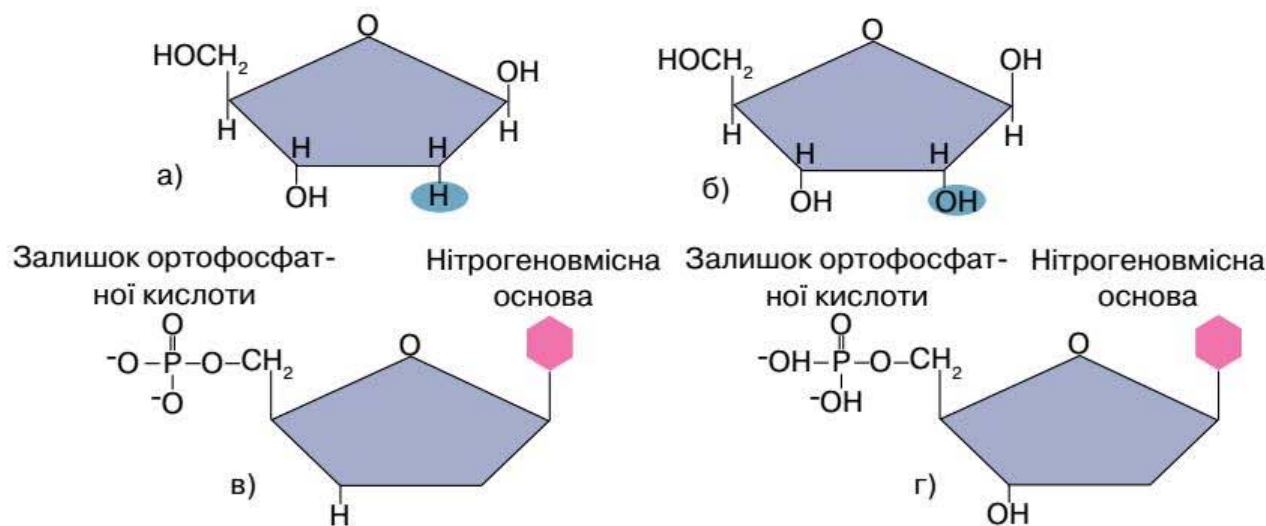


Рис. 32. Схема будови нуклеотиду:  
а) дезоксирибоза; б) рибоза; в) дезоксирибонуклеотид; г) рибонуклеотид

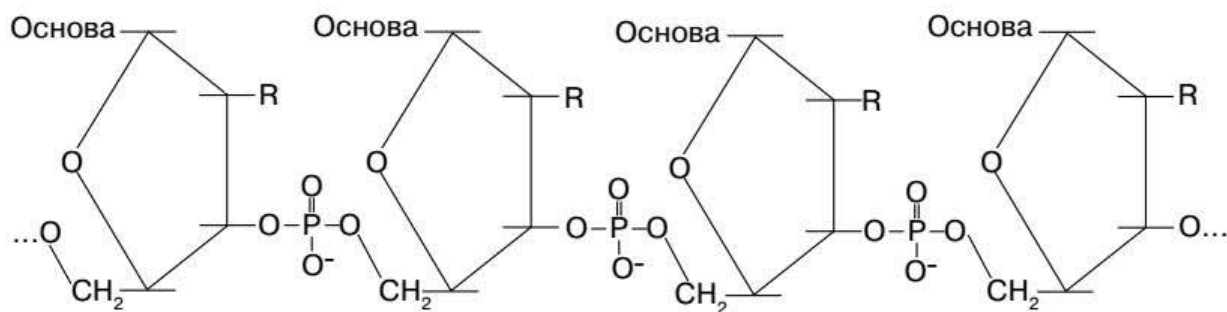


Рис. 33. Схема будови ланцюга полінуклеотиду

Знаючи послідовність нітрогеновмісних основ в одному з ланцюгів молекули ДНК, завжди можна чітко визначити їх послідовність в іншому.

Молекула ДНК утворює подвійну закручену вправо спіраль, що складається з двох комплементарних один одному антипаралельних ланцюгів. Ширина спіралі становить майже 2 нм, а довжина кожного нуклеотиду – 0,34 нм.

У всіх живих організмів двоспіральна молекула ДНК щільно упакована й утворює складні тривимірні структури, що робить молекулу компактнішою.

Молекули РНК, на відміну від молекул ДНК, є одноланцюговими й містять значно менше нуклеотидів. До складу нуклеотидів входить рибоза, одна з чотирьох нітрогеновмісних основ (аденін, гуанін, цитозин або урацил) і залишок ортофосфатної кислоти.

Виокремлюють три види РНК, що різняться розміром молекул і виконуваними функціями: інформаційна (іРНК), рибосомна (рРНК) і транспортна (тРНК).

**Інформаційна РНК** є копією певної ділянки молекули ДНК, що відповідає одному або декільком генам. Її вміст у клітині незначний і не перевищує 2 % від загальної кількості РНК.

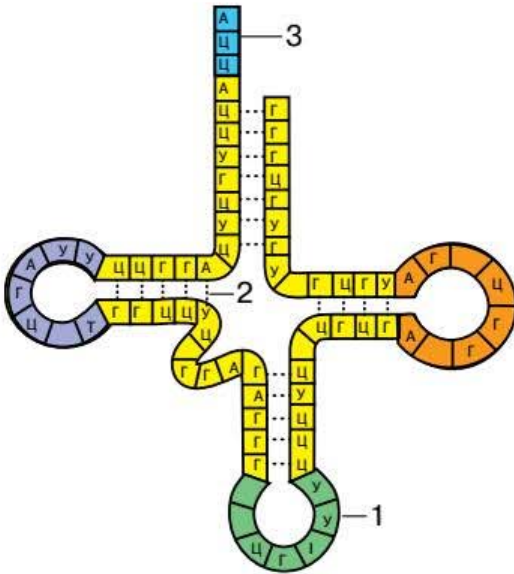


Рис. 34. Будова транспортної РНК:  
1 — антикодон; 2 — ділянки, у яких комплементарні нуклеотиди сполучені водневими зв'язками;  
3 — місце приєднання амінокислоти (кодон)

Вміст **транспортної РНК** у клітині становить майже 20 % від загальної кількості РНК. Вона має стабільну вторинну структуру (рис. 34), що за формою нагадує листок конюшини. Основна функція тРНК полягає в перенесенні амінокислот до місця синтезу білка. Тому на одному кінці молекули містяться три нуклеотиди, до яких приєднується амінокислота, а на протилежному — три нуклеотиди (**антикодон**), якими вона приєднується до інформаційної РНК. Існує 20 різновидів транспортної РНК, кожен з яких відповідає за перенесення однієї з 20 амінокислот.

Вміст **рибосомної РНК** — майже 80 % від загальної кількості цих молекул у клітині. Вони входять до складу рибосом — органел клітини, за участю яких відбувається біосинтез білків (див. § 5).

**Функції нуклеїнових кислот.** Біологічна роль нуклеїнових кислот полягає в збереженні й передаванні спадкової інформації, «записаної» в молекулі ДНК у вигляді послідовності нуклеотидів. Ця послідовність становить **генетичний код**.

Завдяки здатності ДНК до самоподвоєння (**реплікації**) кожна дочірня клітина, що виникає внаслідок поділу, отримує ідентичні молекули ДНК. У цих молекулах міститься спадкова програма розвитку всіх властивостей організму. Реалізація цієї програми здійснюється шляхом біосинтезу інформаційної РНК на молекулі ДНК (**транскрипція**) і наступного біосинтезу білка на основі цієї молекули (**трансляція**).



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Коли та ким були відкриті нуклеїнові кислоти? 2. Яка біологічна роль нуклеїнових кислот? 3. Які види нуклеїнових кислот існують у природі? 4. Які види природних РНК ви знаєте? 5. Яку функцію вони виконують? 6. Як відбувається реплікація (самоподвоєння) молекули ДНК?



**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: ДНК, РНК, «принцип комплементарності», «рибоза», «дезоксирибоза», «аденін», «гуа-нін», «цитозин», «тимін», «урацил», «кодон», «антикодон», «реплікація», «транскрипція», «трансляція».



**Домашнє завдання.** Порівняйте будову ДНК і РНК. Оформіть відповідь у зошиті у вигляді таблиці.



**Запитання для допитливих.** 1. Чим пояснюється велика різноманітність генів у складі молекули ДНК? 2. Яке біологічне значення такої різноманітності?

## § 9.

## АТФ. ПОНЯТТЯ ПРО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ТА РЕАКЦІЇ СИНТЕЗУ В БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** аденозинтрифосфатна (АТФ), аденозиндифосфатна (АДФ), аденозинмонофосфатна (АМФ) кислоти, макроергічні зв'язки.

**Особливості будови молекули АТФ.** *Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ)*, безперечно, є найважливішою молекулою, адже вона — джерело енергії для більшості численних процесів, які відбуваються всередині живої клітини. Молекула АТФ складається з аденіну, рибози й трьох залишків ортофосфатної кислоти (рис. 35).



Рис. 35. Будова молекули АТФ

Хімічні зв'язки, за допомогою яких приєднуються два залишки ортофосфатної кислоти, називають *макроергічними зв'язками* (позначають значком «~»). Зв'язки між фосфатними групами не дуже міцні, і в разі їх розриву виділяється велика кількість теплової енергії. Вона може викликати зміну просторової організації білкових молекул, що, наприклад, забезпечує перенесення речовин через мембрану, спричиняє відкриття пор у клітинній мембрані, призводить до просторового суміщення скоротливих білків тощо.

Унаслідок гідролітичного відщеплення від АТФ фосфатної групи утворюється *аденозиндифосфат (АДФ)* і вивільняється від 40 до 60 кДж/моль енергії:



У разі подальшого гідролізу АДФ відщеплюється ще один залишок ортофосфатної кислоти й утворюється *аденозинмонофосфат (АМФ)*, який надалі не гідролізується. При цьому вивільняється така сама кількість енергії, як і при утворенні АДФ:



Розщеплення молекули АТФ каталізується особливими ферментами (АТФ-азами). Вони є в усіх структурах клітин і забезпечують порційне виділення теплової енергії, яка використовується для перебігу різноманітних процесів життєдіяльності.

Зворотний процес (синтез АТФ з АДФ і залишку ортофосфатної кислоти) каталізується іншим ферментом (АТФ-синтазою), універсальним для всіх живих організмів.

Синтез молекул АТФ відбувається в процесі дихання (у мітохондріях), під час гліколізу (у цитоплазмі) і фотосинтезу (у хлоропластах).

**Перетворення енергії та реакції синтезу в біологічних системах.** Основним джерелом первинних органічних сполук на нашій планеті є рослини, які в процесі фотосинтезу використовують енергію Сонця для їхнього синтезу. Інші живі організми живляться готовими органічними речовинами, отримуючи енергію з речовин, синтезованих рослинами. Отже, саме Сонце – основне джерело енергії на Землі.

Процес *асиміляції* (з латин. *уподібною*) характеризується утворенням нових, необхідних клітині сполук. Для синтезу будь-яких речовин потрібна енергія. Вона утворюється завдяки постійному розпаду складних органічних речовин, запасених при асиміляції. Сукупність реакцій розпаду речовин клітини, що супроводжуються вивільненням енергії, називають *дисиміляцією* (з латин. *несхожий*). Отже, у процесі дисиміляції енергія утворюється, а при асиміляції вона витрачається на утворення нових сполук. Ці два процеси, що відбуваються в клітині, неможливі один без одного.



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Яку функцію виконує в клітині АТФ? 2. Як називаються зв'язки між залишками ортофосфатної кислоти в молекулі АТФ? 3. Охарактеризуйте процеси асиміляції та дисиміляції.



**Самостійна робота з підручником.** Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: «аденозинтрифосфатна кислота», «аденозиндифосфатна кислота», «аденозинмонофосфатна кислота», «макроергічні зв'язки».



**Домашнє завдання.** Запишіть у зошиті хімічні рівняння перетворення АТФ у клітині.



**Запитання для допитливих.** Чому лікарі для лікування серцевої дистрофії (ураження серцевого м'яза, що виникає внаслідок метаболічних і біохімічних порушень) застосовують медичні препарати, що містять АТФ (її магній-калієву сіль). Обґрунтуйте відповідь.



**Це цікаво знати.** В організмі АТФ є речовиною, яка найчастіше оновлюється. У людини тривалість життя однієї молекули АТФ менше 1 хв. Протягом доби ця молекула проходить у середньому 2–3 тисячі циклів відновлення (людський організм синтезує майже 40 кг АТФ за добу, але містить в кожний конкретний момент майже 250 г), тобто АТФ в організмі не запасується і для нормальної життєдіяльності організму необхідно постійно синтезувати нові молекули.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ДО ТЕМИ 1

### «ХІМІЧНИЙ СКЛАД КЛІТИНИ ТА БІОЛОГІЧНІ МОЛЕКУЛИ»

Живі організми складаються з тих самих хімічних елементів, що й тіла неживої природи, хоча вміст цих елементів в організмах суттєво відрізняється.

Процентне співвідношення елементів у всіх живих організмах майже однакове. За кількісним складом їх поділяють на чотири групи: органогенні, макро-, мікро- й ультрамікроелементи.

З неорганічних сполук виняткове значення має вода. Вона є універсальним розчинником, учасником усіх біохімічних реакцій у клітині, середовищем життя більшості організмів тощо.

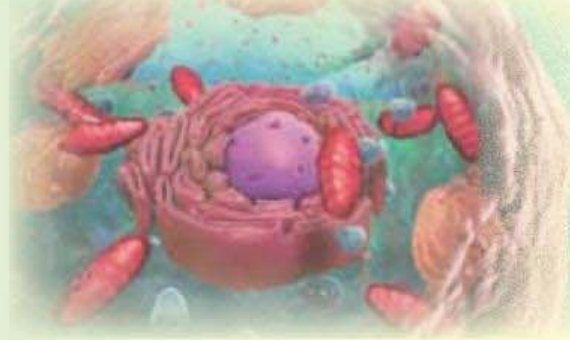
До складу живих організмів входять органічні сполуки, серед яких провідне місце належить білкам і нуклеїновим кислотам. Різноманітність їхньої хімічної структури теоретично необмежена, а хімічні властивості визначаються не тільки будовою, а й просторовою організацією. Складові цих молекул (амінокислоти й нуклеотиди) становлять «молекулярну абетку» будь-якої живої клітини. Ліпіди та вуглеводи виконують енергетичну, структурну (будівельну), захисну й резервну функції.

Відмінність між живою і неживою речовиною біосфери полягає в тому, що швидкість хімічних перетворень у живих системах значно вища (у тисячі й мільйони разів) завдяки діяльності ферментів.

Живі системи є відкритими, оскільки крізь них проходять потоки речовин і енергії.

АТФ — універсальний біологічний акумулятор енергії у клітині. Світлова енергія Сонця та енергія, властива органічним речовинам, запасається в молекулах АТФ і використовується клітинами для всіх процесів життєдіяльності.

## ТЕМА 2. СТРУКТУРА КЛІТИНИ



§ 10

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛІТИН. КЛІТИННА ТЕОРІЯ. ПРОКАРІОТИ Й ЕУКАРІОТИ. АВТОТРОФИ ТА ГЕТЕРОТРОФИ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** клітина, цитологія, клітинна теорія, світловий і електронний мікроскопи, прокаріоти, еукаріоти, автотрофи, гетеротрофи.



Захарій Янсен



Антоні ван  
Левенгук



Маттіас Якоб  
Шлейден

**Історія вивчення клітини.** *Клітина* — елементарна одиниця будови й життєдіяльності всіх живих організмів, окрім вірусів<sup>1</sup>. Вона має власний обмін речовин, здатна до самостійного існування, самовідтворення й розвитку. Розділ біології, який вивчає будову та життєдіяльність клітин, називається *цитологією*.

Вивчення клітини стало можливим тільки з моменту винайдення мікроскопа та застосування його для дослідження біологічних об'єктів. Стосовно того, хто першим сконструював мікроскоп, відомостей немає. У будь-якому разі це відбулося на початку XVII ст. одночасно в різних країнах. Одні дослідники вважають, що це був голландець **З. Янсен** (1585–1632), інші — італієць Галілео Галілей. Перші мікроскопи давали невеликі збільшення (у 10–12 разів) і використовувалися зазвичай для розглядання різних предметів, часто — дрібних паразитів.

У 1665 р. англійський учений Р. Гук удосконалив мікроскоп. Намагаючись зрозуміти, чому коркове дерево так добре плаває, він розглядав тонкий зріз корка під мікроскопом. Дослідник виявив, що корок складається з безлічі комірок, які нагадують бджолині стільники, і назвав їх *клітинами*. Пізніше, у 1674 р., голландський учений **А. ван Левенгук** (1632–1723) уперше виявив у воді одноклітинні організми (інфузорії, амебу).

У 1831 р. англійський учений ботанік Р. Броун виявив у клітинах рослин ядро. Це відкриття було важливою передумовою для встановлення подібності між клітинами рослин і тварин.

Нагромадження описових даних про клітину дало можливість зробити їх узагальнення. У 1839 р. німецькі вчені **Т. Шванн** (1810–1882) і **М. Я. Шлейден** (1804–1881) сформулювали основні положення *клітинної теорії*, у якій розглядали

<sup>1</sup> Віруси належать до неклітинної форми життя. З їхньою будовою й особливостями життєдіяльності ви ознайомитеся в наступних параграфах.

клітину як універсальний структурний компонент тваринного й рослинного світу.

У 1858 р. німецький учений Р. Вірхов доповнив клітинну теорію положенням про розвиток клітин.

**Основні положення клітинної теорії.** На сучасному етапі розвитку цитології **клітинна теорія** має такі положення:

- клітина — елементарна одиниця будови й розвитку всіх живих організмів;
- клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за походженням, будовою, хімічним складом та основними проявами життєдіяльності;
- кожна нова клітина утворюється тільки внаслідок розмноження материнської клітини шляхом поділу;
- у багатоклітинних організмів, які розвиваються з однієї клітини, різні типи клітин формуються залежно від їхньої спеціалізації й утворюють тканини;
- з тканин формуються органи, які тісно пов'язані між собою й підпорядковані нервово-гуморальній та імунній системам регуляції.



Теодор Шванн

**Сучасні методи цитологічних досліджень.** Основними методами дослідження в цитології залишаються мікроскопічні. Сучасні **світлові мікроскопи** — це складні оптичні системи. Для вивчення гістологічних препаратів найчастіше застосовують стандартні світлові мікроскопи, які дають можливість отримувати збільшення у 2500–3000 разів (добуток збільшення об'єктива на збільшення окуляра). *Роздільна здатність* такого мікроскопа (розмір найменшої структури, яку можна побачити в мікроскоп) становить приблизно 0,1 мкм (0,001 мм).

**Електронний мікроскоп**, який сконструював у 1931 р. німецький учений Е. Руска, дав змогу зробити крок уперед у техніці мікроскопування. Для отримання зображення в ньому використовується не світловий потік, а потік електронів. Роздільна здатність електронного мікроскопа для біологічних об'єктів становить приблизно 2 нм (0,000 000 2 мм). В електронний мікроскоп можна побачити структури клітини, вірусні частинки тощо. Метод електронної мікроскопії постійно вдосконалюється. Нині можна отримати об'ємне зображення живої клітини.

У цитології застосовують й інші методи, зокрема вирощування клітин поза організмом у так званих *тканинних культурах* на спеціальних живильних середовищах. Тканину зазвичай поміщають у скляний посуд, тому дослідження отримали назву *вивчення in vitro* (з латин. *в і скло*). Цей метод дає змогу досліджувати під мікроскопом рух, ріст і поділ клітин, вивчати вплив на клітини різних фізичних і хімічних факторів.

**Прокаріоти й еукаріоти.** Усі клітинні форми життя, залежно від будови клітин, з яких вони складаються, поділяють на два надцарства — **прокаріоти** (*передядерні*) й **еукаріоти** (*ядерні*). Ці два основних плани будови клітини сформувалися приблизно 1,5 млрд років тому. Вони дуже різняться за будовою, та основне, що їх відрізняє, — це відсутність або наявність **ядра**.

**Прокаріотичні клітини** не мають ядра, простіші за будовою й малі за розміром (від 1 до 10 мкм). Вони, очевидно, виникли в процесі еволюції раніше

## ТЕМА 2. СТРУКТУРА КЛІТИНИ

(приблизно 3–3,5 млрд років тому). Через обмежені еволюційні можливості передядерних організмів вони практично не змінилися з моменту свого виникнення, збереглися й процвітають дотепер. До них належать дві великі групи організмів — *археї* і *бактерії*.

Основні форми клітин прокариотів досить прості: кульки (*коки*), іноді об'єднані по дві (*подвійні коки*, *диплококи*), утворюють ланцюжки (*стрептококи*, наприклад, збудник ангіни) або склеєні у вигляді виноградного грона (*стафілококи*), склеєні по чотири (*сарцини*), палички (*бацили*), викривлені палички (*вібріони*) і штопороподібні (*спірили*) (рис. 36).

**Еукаріотичні клітини** мають ядро й більш складні за будовою. Вони більші за розміром (від 10 до 100 мкм) і відрізняються за формою, структурою та функціями. До ядерних організмів належать одноклітинні й багатоклітинні (гриби, рослини, тварини) організми.

Форма клітин зумовлена різними фізичними факторами та функціями, які вони виконують. Так, форма клітин може бути кулястою (*яйцеклітина*), кубічною та призматичною (*епітеліальні клітини*), поліедричною (печінкові клітини — гепатоцити). Трапляються клітини веретеноподібної та видовженої форми (*м'язові клітини*), зірчасті (*мезенхімні та ретикулярні клітини*), а також клітини з відростками (*нервові*) (рис. 37).

Організація клітин усіх живих організмів підлягає єдиним структурним принципам. Незважаючи на різноманітну форму, усі клітини мають однаковий загальний план будови, зумовлений подібністю функцій, спрямованих на підтримання життя клітин і їх відтворення.

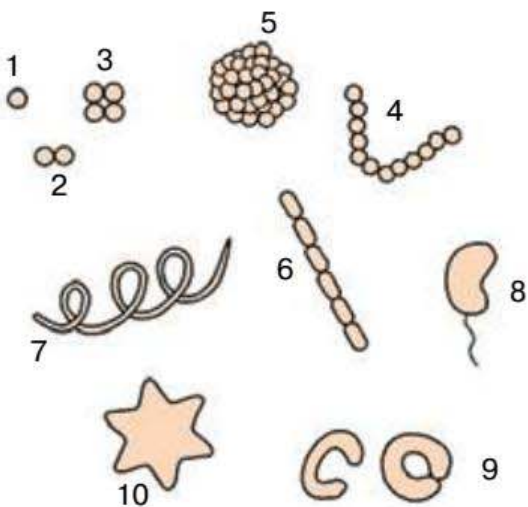


Рис. 36. Різноманітність форм клітин прокариотів: 1 — кок, 2 — диплокок, 3 — сарцина, 4 — стрептокок, 5 — колонія сферичної форми, 6 — паличкоподібні бактерії, 7 — спірили, 8 — вібріон, 9 — бактерії, 10 — бактеріальна клітина у формі шестикутної зірки



Рис. 37. Різноманітність форм клітин еукаріотів: 1 — клітини епітелію кишечника; 2 — еритроцити; 3 — м'язова клітина; 4 — нервова клітина (нейрон); 5 — клітини печінки





**Автотрофи та гетеротрофи.** За типом живлення всі живі організми поділяють на дві групи — *автотрофи* й *гетеротрофи*.

**Автотрофи** — організми, які самостійно синтезують органічні речовини з неорганічних. До цієї групи належать деякі види архей і бактерій, а також майже всі рослинні організми. Основна маса сучасних автотрофів є фотоавтотрофами. Вони використовують енергію сонячного світла для синтезу органічних сполук (це переважно вуглеводи й білки) з неорганічних (вуглекислий газ, вода, азот та ін.). Цей процес називається *фотосинтезом* і супроводжується виділенням кисню в атмосферу. У рослин фотосинтез відбувається в спеціалізованих органоїдах клітини — хлоропластах.


**Гетеротрофні організми** — такі, що живляться готовими органічними речовинами, які вони використовують для побудови свого організму й отримання енергії для процесів життєдіяльності. До цієї групи належать деякі бактерії, гриби, тварини й навіть окремі рослини (паразитичні види).

Вивільнення енергії в більшості автотрофів супроводжується поглинанням кисню та виділенням вуглекислого газу й проходить у спеціалізованих органоїдах клітини — мітохондріях.

 **Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Хто є авторами клітинної теорії? 2. Обґрунтуйте, чому клітина є елементарною структурно-функціональною одиницею будови організмів. 3. Яка наука вивчає будову клітини? 4. Які методи застосовують для вивчення будови клітини? 5. Сформулюйте основні положення клітинної теорії. 6. У чому полягає принципова відмінність між прокаріотами й еукаріотами? 7. Що є джерелом енергії для автотрофів, а що — для гетеротрофів?

 **Самостійна робота з підручником.** Складіть у зошиті таблицю «Методи дослідження будови клітини». Порівняйте можливості різних методів.

 **Домашнє завдання.** Підготуйте презентацію на тему «Внесок українських учених у розвиток цитології».

 **Це цікаво знати.** Французький мікробіолог А. Львов сформулював клітинну теорію дещо по-іншому: «Розглядаючи живий світ на клітинному рівні, ми виявляємо його єдність: єдність будови — кожна клітина містить ядро, занурене в протоплазму; єдність функції — обмін речовин в основному подібний у всіх клітинах; єдність складу — основні макромолекули в усіх живих істот складаються з однакових молекул; для будови великої різноманітності живих систем природа використовує суворо обмежену кількість будівельних блоків; проблема різноманітності структур і функцій, проблема спадковості вирішується вельми елегантно — використанням невеликої кількості будівельних блоків, організованих у специфічні макромолекули».

## § 11

## СТРУКТУРА КЛІТИНИ: КЛІТИННА МЕМБРАНА



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** клітинна оболонка, глікокалікс, плазматична мембрана, рідинно-мозаїчна будова, вибіркова проникність, ендоцитоз, екзоцитоз, фагоцитоз, піноцитоз.

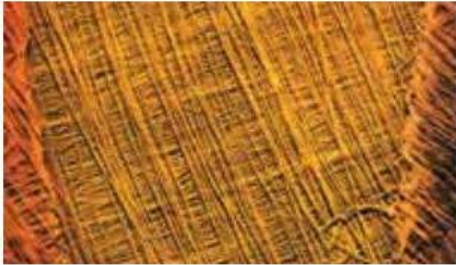


Рис. 38. Електронна фотографія клітинної оболонки

**Клітинна оболонка.** Ви вже знаєте, що клітина будь-якого організму є цілісною живою системою, яка складається з трьох зв'язаних між собою частин: оболонки, цитоплазми та ядра. Оболонка клітини безпосередньо взаємодіє із зовнішнім середовищем і сусідніми клітинами (у багатоклітинних організмах). Вона має зовнішній шар і розташовану під ним плазматичну мембрану (рис. 38). Клітини тварин і рослин розрізняються за будовою їхнього зовнішнього шару.

У рослин, а також у бактерій, архей і грибів на поверхні клітин розміщена щільна оболонка, яку називають *клітинна стінка*. Вона міститься зовні плазматичної мембрани, підтримує форму клітини, структурну міцність, а також протидіє осмотичному тиску цитоплазми. Через клітинні стінки здійснюється транспортування води й інших речовин.

Клітинна стінка рослинних клітин складається з молекул целюлози та пектинів. Стінки деяких рослинних клітин (наприклад, клітини меристеми) зазнають здерев'яніння, яке полягає в просочуванні целюлози особливою речовиною — лігніном. Це надає рослинам міцності й стійкості проти загнивання.

Клітинну стінку в різних грибів утворюють різноманітні полісахариди.

У більшості бактерій основою клітинної оболонки є полісахариди та амінокислоти.

У клітинах рослин, грибів, великих бактерій, які мають щільну клітинну оболонку, можна спостерігати явище *плазмолізу* (з грецьк. *виліплене, оформлене й розпад*). Воно полягає у відділенні цитоплазми від оболонки при зануренні клітини в гіпертонічний, тобто більш концентрований, ніж концентрація солей у цитоплазмі, розчин (рис. 39). Якщо ж клітину помістити у воду, у якій концентрація солей є нижчою, відбувається зворотний процес — *деплазмоліз* — повернення цитоплазми клітин у вихідний стан.

Поверхневий шар тваринних клітин називається *глікокаліксом*. Він складається з різних олігосахаридів, полісахаридів, глікопротеїнів і гліколіпідів, які занурені в плазматичну мембрану. Глікокалікс забезпечує безпосередній зв'язок клітин із зовнішнім середовищем, рецепторну функцію.

**Плазматична мембрана.** Кожна клітина оточена *плазматичною мембраною (плазмалемою)* (з латин. *шкірка, плівка*), яка відокремлює її від зовнішнього середовища й одночасно забезпечує обмін речовин між клітинами. Призначення плазматичної мембрани — розмежовувати цитоплазму й середовище, здійснювати транспортування й рецепторну функцію. Плазматична мембрана розміщена під глікокаліксом або клітинною стінкою рослин і безо-

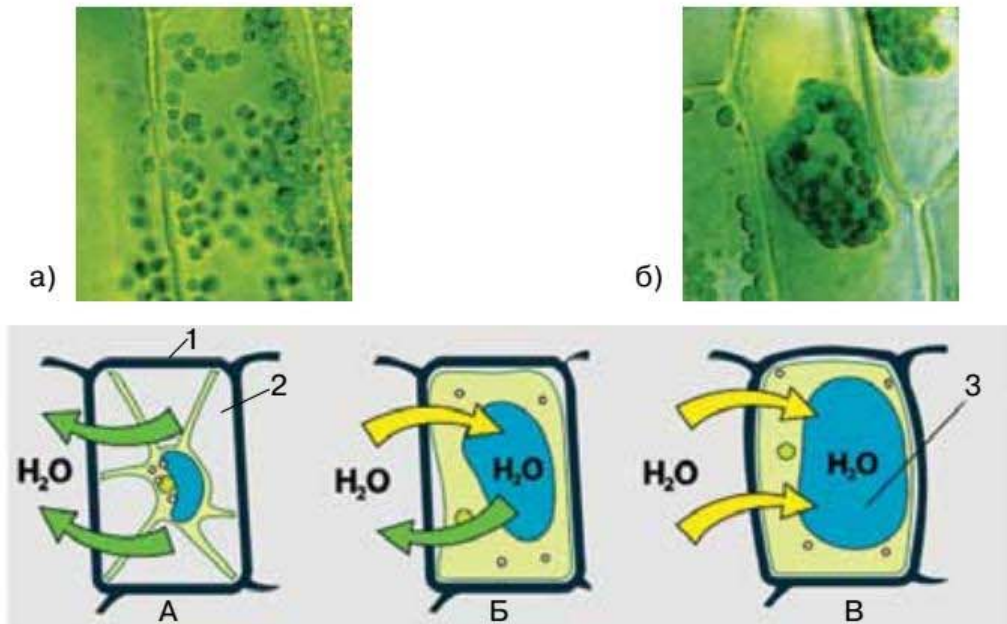


Рис. 39. Плазмоліз (а) і деплазмоліз (б) у рослинній клітині під мікроскопом і схема протікання цього процесу (в): А — плазмоліз; Б — деплазмоліз; 1 — мембрана, 2 — цитоплазма, 3 — вакуолі

середньо межує з цитоплазмою. До складу плазматичної мембрани входять ліпіди й білки. Вони впорядковано розташовані та поєднані між собою хімічними взаємодіями (рис. 40).

Молекули ліпідів у плазматичній мембрані розміщені у два ряди й утворюють суцільний шар (**бішар**). Одні молекули білків містяться на поверхні бішару, інші — заглиблюються в нього на різну глибину, ще інші пронизують його.

Молекули білків і ліпідів у мембрані є рухливими, що забезпечує її **текучість**. Вона залежить від ліпідного складу й температури зовнішнього середовища. Тому вважається, що біологічні мембрани мають **рідинно-мозаїчну будову**.

**Функції плазматичної мембрани.** Їх декілька:

**бар'єрна** — утворює бар'єр, який відмежовує внутрішній вміст клітини від зовнішнього середовища, а також забезпечує захист клітини від впливів факторів довкілля;

**рецепторна** — специфічні білки-рецептори, що є в складі плазматичної мембрани, сприймають різноманітні сигнали з навколишнього середовища й передають їх усередину клітини;

**ферментативна** — у складі плазматичної мембрани є білки-ферменти, які каталізують різні хімічні реакції;

**функція міжклітинної взаємодії** — за допомогою плазматичної мембрани клітини здатні взаємодіяти між собою й утворювати тканини;

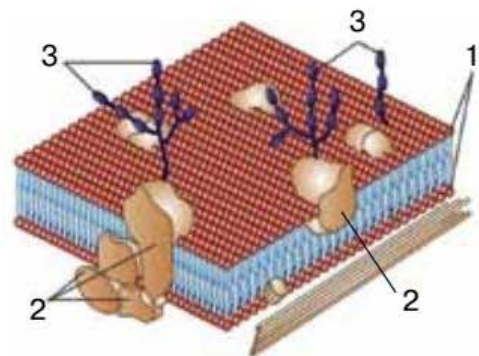


Рис. 40. Схема будови плазматичної мембрани: 1 — ліпідний бішар; 2 — білок; 3 — глікокалікс

## ТЕМА 2. СТРУКТУРА КЛІТИНИ

*опорна* — до плазматичної мембрани приєднуються компоненти цитоскелета й забезпечують збереження форми;

*транспортна* — через плазматичну мембрану між клітиною та зовнішнім середовищем постійно відбувається обмін речовин.

Одні речовини вільно проходять крізь плазматичну мембрану, другі — лише за певних умов, а треті — зовсім не проходять. Тому вважається, що плазматичній мембрані властива **вибіркова проникність (напівпроникність)**.

Зовні в клітину надходить вода, різні солі у вигляді окремих йонів, неорганічні й органічні молекули. Таке транспортування можливе завдяки наявності каналів у плазматичній мембрані. З клітини назовні виводяться продукти обміну та синтезовані в клітині речовини.

Великі за розміром частинки потрапляють у клітину шляхом **ендоцитозу**, а виділяються з неї шляхом **екзоцитозу** (рис. 41).

Під час ендоцитозу матеріал, що міститься в позаклітинному просторі, охоплений складками плазматичної мембрани, потрапляє в клітину й зазнає внутрішньоклітинної обробки різними білками-ферментами. Різновидами ендоцитозу є **фагоцитоз** — захоплення й поглинання великих і щільних частинок і **піноцитоз** — поглинання рідини й розчинних у ній речовин. Завдяки фагоцитозу відбувається поглинання бактерій, великих вірусів, відмерлих клітин організму або чужорідних клітин.

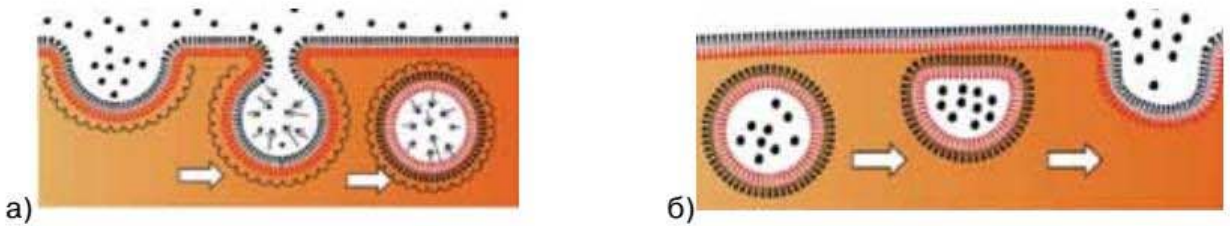


Рис. 41. Схеми: а) ендоцитозу; б) екзоцитозу



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Чим відрізняється будова клітинної оболонки в клітинах тварин, рослин і грибів? 2. Охарактеризуйте основні складові компоненти будови плазматичної мембрани. 3. Які функції має плазматична мембрана? 4. Поясніть, чому будову плазматичної мембрани називають *рідинно-мозаїчною*. 5. З чого складається глікокалікс? Які його функції? 6. Чим пояснюється вибіркова проникність плазматичної мембрани?



**Самостійна робота з підручником.** Порівняйте процеси фагоцитозу й піноцитозу, складіть у зошиті порівняльну таблицю.



**Домашнє завдання.** Підготуйте доповідь про рецепторну функцію плазматичної мембрани.

## § 12 ЦИТОПЛАЗМА, ЇЇ КОМПОНЕНТИ. ОДНОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** цитоплазма, цитозоль, ендоплазматична сітка (ендоплазматичний ретикулум), гладенька й гранулярна ендоплазматична сітка, апарат Гольджі, лізосоми, пероксисома, вакуолі, джгутик, війка, псевдоподії.

**Цитоплазма.** Відмежована від зовнішнього середовища плазматичною мембраною, **цитоплазма** є внутрішнім напіврідким середовищем клітини. Це надзвичайно складна суміш великих і малих молекул, у якій міститься приблизно 75–85 % води, 15–25 % білків і багато інших речовин. Якщо досліджувати клітину за допомогою світлового мікроскопа, то цитоплазма має вигляд аморфної желеподібної речовини, у якій розсіяні окремі часточки, що швидко переміщуються врізнобіч. Електронний мікроскоп дає можливість виявити більш складну будову цитоплазми, яка складається з **цитозолю**, **внутрішньоклітинних органел**, **вакуолей** і **включень** (продуктів клітинної життєдіяльності).

У цитоплазмі відбуваються основні процеси обміну речовин, вона об'єднує в єдине ціле ядро та всі органели, забезпечує їх взаємодію, діяльність клітини як єдиної цілісної живої системи.

**Цитозоль.** Більшу частину цитоплазми (55 % від загального об'єму клітини), що не містить органел і складається зі складної суміші розчинених у воді органічних макромолекул (білків, жирів, вуглеводів) і неорганічних речовин, становить **цитозоль**. У ньому постійно відбувається броунівський рух молекул, їх зіткнення, що зумовлює високу швидкість біохімічних реакцій. Ці реакції забезпечують органели клітин необхідними речовинами для життєдіяльності й підтримують гомеостаз клітини.

**Органели клітини.** Клітинні органели умовно поділяють на **немембранні**, які не оточені мембраною, і **мембранні**, що вкриті одним або двома шарами мембрани. Немембранними органелами є **рибосоми**, **центріолі**, **цитоскелет**; мембранними — **мітохондрії**, **пластиди**, **ендоплазматична сітка**, **апарат Гольджі**, **лізосоми**, **вакуолі**, **органи руху клітин**.

**Одномембранні органели.** Уся внутрішня зона цитоплазми заповнена дрібними каналами й порожнинами, стінки яких — це мембрани, за структурою подібні до плазматичної мембрани. Ці канали розгалужуються, з'єднуються один з одним та утворюють сітку, яка дістала назву **ендоплазматична сітка (ЕПС)**, або **ендоплазматичний ретикулум** (рис. 42). Уважається, що хоча мембрана

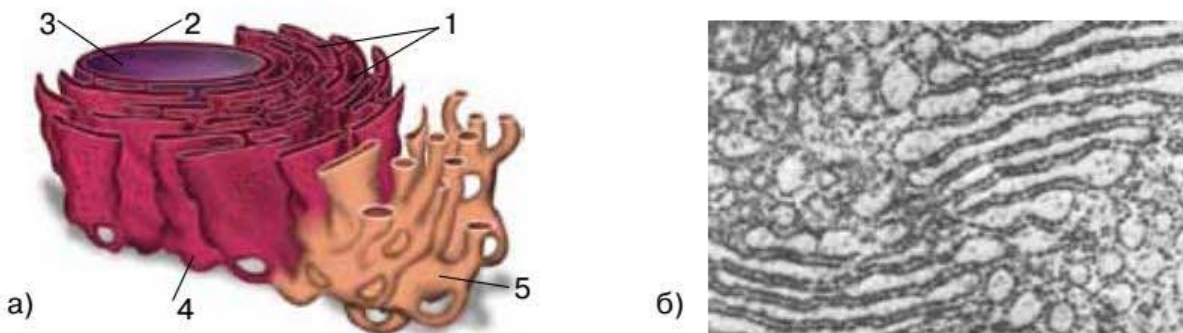


Рис. 42. Ендоплазматична сітка: а) схема будови: 1 — рибосоми; 2 — ядерна оболонка; 3 — порожнина ядра; 4 — гранулярна ЕПС; 5 — гладенька ЕПС; б) електронно-мікроскопічна фотографія

## ТЕМА 2. СТРУКТУРА КЛІТИНИ

ендоплазматичної сітки має численні складки й вигини, вона утворює одну безперервну поверхню, яка оточує єдину замкнену порожнину. Цей внутрішній простір часто займає понад 10 % загального об'єму клітини. Ендоплазматична сітка зв'язує між собою основні органели клітини.

Ендоплазматична сітка виявлена в усіх ядерних клітинах, немає її лише в прокариотів, у сперматозоїдах і зрілих еритроцитах.

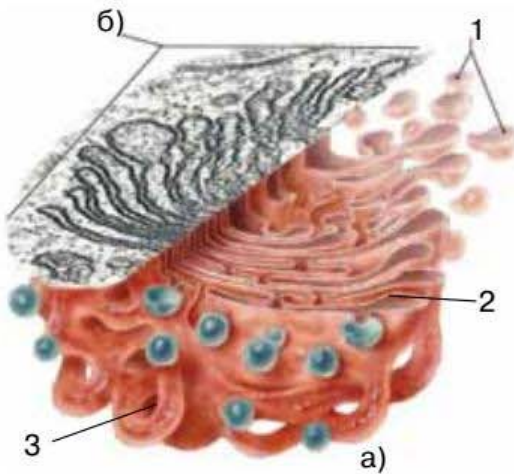


Рис. 43. Апарат Гольджі: а) схема будови: 1 — пухирці; 2 — плоскі порожнини, обмежені мембранами; 3 — трубочки; б) електронно-мікроскопічна фотографія

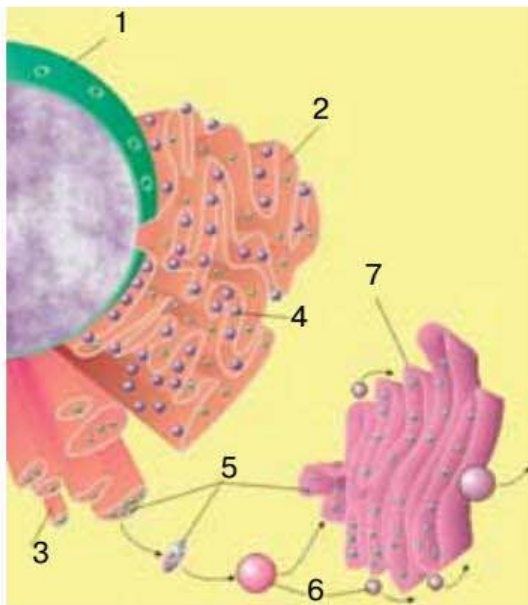


Рис. 44. Схема транспортування синтезованих в ендоплазматичній сітці білків через апарат Гольджі назовні клітини: 1 — ядро; 2 — гранулярна ЕПС; 3 — гладенька ЕПС; 4 — рибосоми; 5 — синтезовані білки; 6 — транспортна везикула; 7 — апарат Гольджі

Ендоплазматична сітка неоднорідна за своєю будовою. Відомо два її типи — *гранулярна* й *гладенька* (див. рис. 42). На мембранах каналів і порожнин гранулярної сітки розміщується багато рибосом. Майже половина всіх рибосом клітини зв'язана з ендоплазматичною сіткою. Мембрани гладенької ендоплазматичної сітки не мають рибосом на своїй поверхні.

Ендоплазматична сітка виконує чимало різних функцій. Основна функція гранулярної ендоплазматичної сітки — участь у синтезі білка. На мембранах гладенької ендоплазматичної сітки відбувається синтез ліпідів і вуглеводів. Усі продукти синтезу накопичуються в каналах і порожнинах сітки, а потім або транспортуються до різних органел клітини, де використовуються, або накопичуються в цитоплазмі як клітинні включення, або виводяться назовні.

**Апарат Гольджі.** У багатьох клітинах тварин апарат Гольджі — це купка плоских мішечків (цистерн) і пов'язаних з ними систем пухирців (рис. 43), а в клітинах рослин і найпростіших — окремі тільця серпоподібної або паличкоподібної форми. Будова цього органіда в клітинах рослинних і тваринних організмів подібна — простір, обмежений мембраною і заповнений рідиною, яка подібна до цитозолу. Цю клітинну органелу в 1898 р. відкрив італійський учений К. Гольджі.

Апарат Гольджі виконує багато важливих функцій. Продукти синтетичної діяльності клітини — білки, вуглеводи й жири, що утворилися в ендоплазматичній сітці, надходять до апарата Гольджі у вигляді мембранних пухирців. Мембрана пухирця сполучається з мембраною апарата Гольджі. У цистернах відбувається певна модифікація речовини, що до них потрапляє. У процесі її

накопичення формується секреторний пухирець (гранула), який відокремлюється від апарату Гольджі й переміщується до зовнішньої мембрани клітини, де синтезована речовина виводиться в міжклітинний простір шляхом екзоцитозу (рис. 44).

Апарат Гольджі бере участь у формуванні лізосом і вакуоль.

**Лізосоми** (з грецьк. *розкладання, розпад і тіло*) — це невеликі округлі тільця. Кожна лізосома відмежована від цитоплазми мембраною й містить ферменти (рис. 45). Лізосоми беруть участь у видаленні відмерлих у процесі життєдіяльності частинок клітин, цілих клітин і органів. Також вони відіграють істотну роль в індивідуальному розвитку організму: руйнують тимчасові органи ембріонів і личинок, наприклад, зябра та хвіст у пуголовка жаби, перетинки між пальцями в ембріона людини.

**Пероксисоми** (з латин. *через, грецьк. кислий і тіло*) — маленькі сферичні тільця, укриті мембраною. Вони є майже в усіх клітинах еукаріотів. Пероксисоми утворюються в апараті Гольджі й містять в основному фермент, який розкладає пероксид водню. Крім того, у пероксисомах відбувається розщеплення довголанцюгових жирних кислот, які надходять до клітини.

**Вакуолі** — це порожнини в цитоплазмі, оточені мембраною й заповнені рідиною. Вони є як у рослинних, так і у тваринних клітинах. Формуються з пухирців, які відокремлюються від ендоплазматичної сітки або апарату Гольджі. У рослинних вакуолях нагромаджуються яскраві пігменти (вакуолі клітин плодів), солі, поживні й отруйні речовини. Тваринні вакуолі дрібні й трапляються лише в деяких клітинах.

Вакуолі виконують різні функції: підтримують тургорний тиск, зберігають поживні речовини й накопичують продукти обміну.

**Скоротливі вакуолі** одноклітинних тварин (наприклад, інфузорії-туфельки) регулюють осмотичний тиск у клітині, беруть участь у виведенні продуктів обміну, а також сприяють надходженню в клітину води.

**Органели руху.** Багато одноклітинних організмів (зокрема, евглена зелена, джгутиконосець, інфузорія) і деякі клітини багатоклітинних (сперматозоїди) мають здатність до руху. Вони рухаються за допомогою **джгутиків** і **війок**. Джгутики відрізняються від війок лише довжиною: зазвичай війки коротші від джгутиків. Вони утворюють пучок мікротрубочок, укритих плазматичною мембраною. Основою джгутика або війки є **базальне тіло**, яке забезпечує їхній рух. Джгутики мають і клітини багатьох бактерій та архей. Зовнішньо вони подібні до джгутиків еукаріотів, але мають іншу будову.

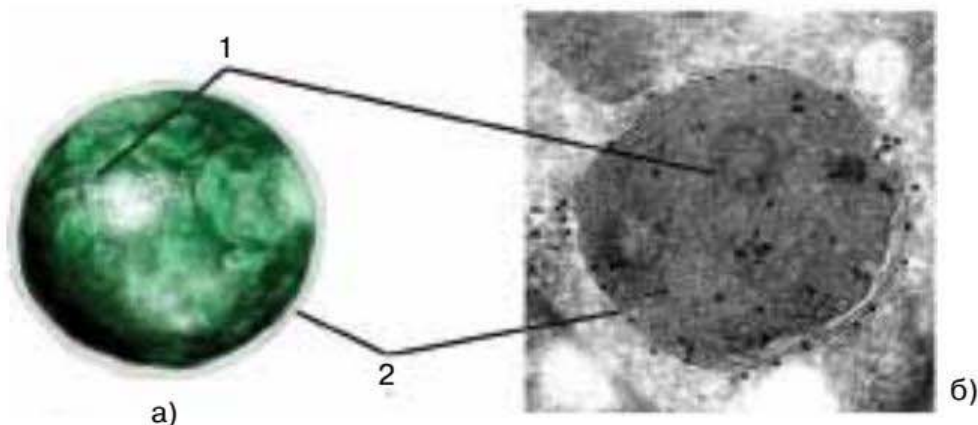


Рис. 45. Лізосома: а) схема будови: 1 — внутрішні ферменти; 2 — одношарова мембрана; б) електронно-мікроскопічна фотографія

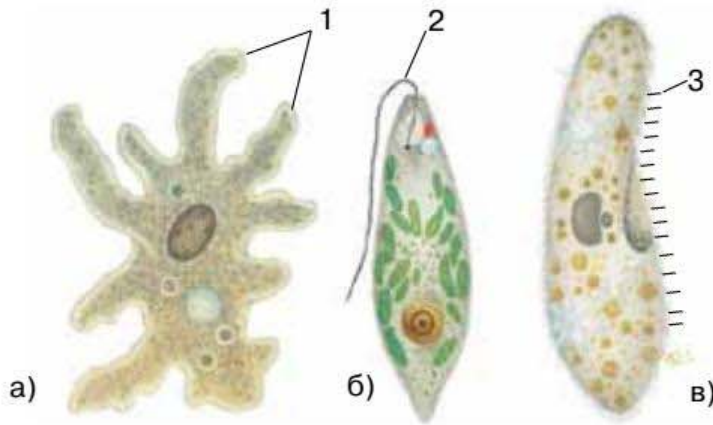


Рис. 46. Органели руху одноклітинних організмів: а) амеба звичайна (1 — псевдоподії); б) евглена зелена (2 — джгутик); в) інфузорія-туфелька (3 — війки)

Амеби та деякі інші простіші організми, а також спеціалізовані клітини багатоклітинних організмів (наприклад, лімфоцити) переміщуються за допомогою виростів — **псевдоподій** (несправжніх ніжок), які утворюються на поверхні клітин (рис. 46).



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Назвіть складові цитоплазми. 2. Які типи ендоплазматичної сітки є в клітині? Які функції вони виконують? 3. У чому проявляється зв'язок між апаратом Гольджі й ендоплазматичною сіткою? 4. Чому ферменти, які містяться в лізосомах, зазвичай не перетравлюють вміст клітини? 5. Які типи вакуоль трапляються в клітинах рослин і тварин? 6. Які органели руху одноклітинних вам відомі?



**Самостійна робота з підручником.** Доведіть, що клітину можна назвати системою мембран.



**Домашнє завдання.** Порівняйте функції одномембранних органел. Складіть у зошиті таблицю, у якій зазначте особливості будови та функції цих структур.

## § 13 ДВОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** мітохондрія, криста, матрикс, пластиди, тилакоїди, грани, строма, хлоропласти, хромопласти, лейкопласти, пропластиди.

**Мітохондрії.** У цитоплазмі більшості клітин тварин, рослин і грибів містяться дрібні тільця — **мітохондрії** (з грецьк. *нитка, зерно, гранула*). Вони відсутні в клітинах бактерій та архей. Мітохондрії добре видно у світловий мікроскоп, за допомогою якого можна роздивитися їхню форму, розташування, порахувати кількість. Внутрішню будову мітохондрій вивчають за допомогою електронного мікроскопа (рис. 47). Кількість мітохондрій у клітині може варіювати від 150 до 1500. У великих найпростіших їх кількість досягає 500 тис. Мітохондрії відсутні в деяких паразитичних найпростіших, які одержують енергію безкисневим шляхом, і в деяких спеціалізованих клітинах, зокрема в зрілих еритроцитах ссавців.



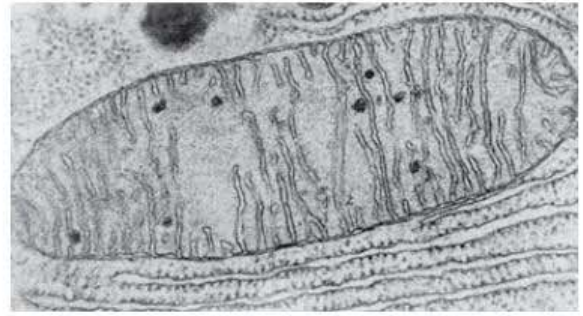


Рис. 47. Мітохондрія: а) схема будови; б) електронно-мікроскопічна фотографія

Форма й розміри мітохондрій надзвичайно різноманітні. Найхарактернішою для них є овальна форма.

Оболонка мітохондрії складається з двох мембран — зовнішньої й внутрішньої, між якими є *міжмембранний простір*. Зовнішня мембрана гладенька, не утворює ніяких виростів і складок, за хімічним складом така сама, як і решта мембран. Вона є проникною для неорганічних йонів і великих молекул (наприклад, амінокислот, АТФ, сахарози).

Внутрішня мембрана, навпаки, утворює численні складки, що спрямовані в порожнину мітохондрії. Складки внутрішньої мембрани називають *кристами* (з латин. *grebinь*), кількість яких у мітохондріях різних клітин є неоднаковою. Їх може бути від декількох десятків до декількох сотень, причому особливо багато крист у мітохондріях клітин, що активно функціонують, наприклад м'язових. Внутрішня мембрана мітохондрій містить багато білків, які здійснюють активне транспортування речовин.

Простір, обмежений внутрішньою мембраною, називається *матриksom*. У матриксі мітохондрій містяться білки, власна мітохондріальна молекула ДНК (у вигляді замкненої в кільце нитки), рибосоми та різні ферменти.

Мітохондрії, як і хлоропласти, здатні ділитися або утворювати дочірні мітохондрії шляхом брунькування. Мітохондрії називають «енергетичними станціями» клітин, тому що їх основна функція — синтез **АТФ**.

**Хлоропласти й інші пластиди рослинних клітин.** У цитоплазмі клітин усіх рослин містяться **пластиди** (з грецьк. *утворений, виліплений*). У клітинах тварин пластиди відсутні.

Розрізняють три основних типи пластид: зелені — *хлоропласти*; червоні, оранжеві й жовті — *хромoplastи*; безколірні — *лейкопласти*.

**Хлоропласт** — органіод клітин рослин, де відбувається фотосинтез, тобто утворення органічних речовин (вуглеводів) із неорганічних ( $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ ) з використанням енергії сонячного світла з одночасним виділенням кисню в атмосферу. У них також синтезується АТФ.

Хлоропласти містяться в клітинах листя та інших зелених органів рослин, а також різних водоростей. Найчастіше вони мають овальну форму. У вищих рослин в одній клітині зазвичай може бути декілька десятків хлоропластів. Зелений колір хлоропластів залежить від вмісту в них пігменту хлорофілу.

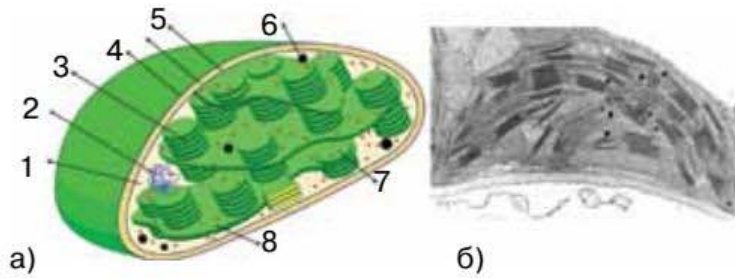


Рис. 48. Хлоропласт: а) схема будови: 1 — строма, 2 — ДНК, 3 — грана, 4, 5 — зовнішня й внутрішня мембрани, 6 — краплина жиру, 7 — тилакоїд, 8 — ламела; б) електронно-мікроскопічна фотографія

За будовою хлоропласти подібні до мітохондрій (рис. 48). Від цитоплазми клітини хлоропласт відмежований двома мембранами — зовнішньою та внутрішньою. Зовнішня мембрана гладенька, без складок і виростів, а внутрішня утворює багато складчастих виростів, спрямованих усередину хлоропласта.

Під внутрішньою мембраною розміщуються мембранні утворення — *тилакоїди*. Простір між оболонкою хлоропласта й тилакоїдами називається *стромою*. Об'єднані в стовпчики тилакоїди утворюють *грану*. У їхніх мембранах міститься велика кількість молекул хлорофілу та інших ферментів, які беруть участь у процесі *фотосинтезу*.

Між внутрішніми мембранами хлоропласта містяться ДНК, РНК і рибосоми. У хлоропластах, як і в мітохондріях, відбувається синтез білка, необхідного для діяльності цих органоїдів.

**Хромoplastи** — це пігментовані пластиди. Різноманітні за формою, вони не мають хлорофілу, а накопичують каротиноїди, які визначають жовте, оранжеве або червоне забарвлення квітів, плодів, коренів. Хромoplastи можуть утворюватися із хлоропластів, які при цьому втрачають хлорофіл (рис. 49). Це відбувається, зокрема, під час дозрівання більшості плодів. Саме хромoplastи визначають забарвлення листя дерев восени.

**Лейкопласти** — непігментовані пластиди, які містяться в цитоплазмі клітин незабарвлених частин рослини, наприклад у стеблах, коренях, бульбах. Форма лейкопластів різноманітна. Деякі з них синтезують вуглеводи, білки й ліпіди. На світлі лейкопласти перетворюються в хлоропласти, наприклад при позеленінні бульб картоплі (див. рис. 49).

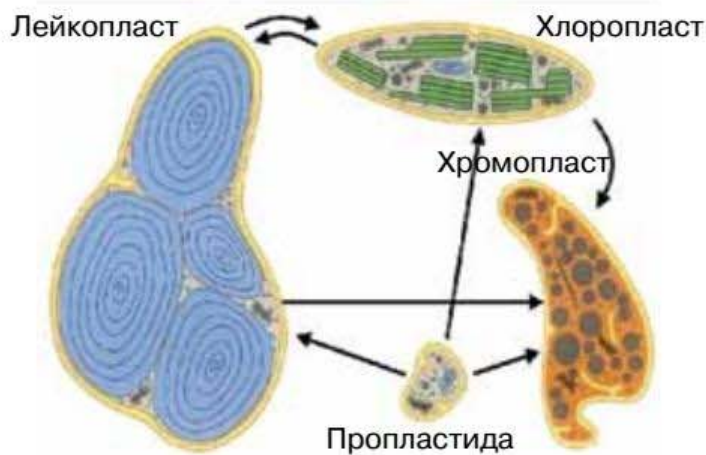




Рис. 49. Схема взаємоперетворень пластид


Усі пластиди розмножуються поділом надвоє, чим нагадують бактерії.

Згідно із симбіотичною гіпотезою, еволюційним попередником як пластид, так і мітохондрій вважається без'ядерна бактерієподібна клітина, яка була захоплена іншою клітиною шляхом ендоцитозу.


 **Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** **1.** Які з основних клітинних органел мають двомембранну оболонку? **2.** Чим можна пояснити наявність власного спадкового апарату в мітохондрій і пластид? **3.** У чому полягає автономія мітохондрій і пластид у клітині? **4.** Якою є біологічна сутність коливання кількості мітохондрій у клітині в різні періоди її життя?

 **Самостійна робота з підручником.** Наведіть аргументи на користь ендосимбіотичної гіпотези походження мітохондрій і пластид.

 **Домашнє завдання.** **1.** Довжина мітохондрій коливається в межах від 1,5 до 10 мкм, ширина — у межах від 0,25 до 1 мкм. Чому при великому діапазоні довжини ширина мітохондрій залишається порівняно сталою? **2.** Якими хімічними речовинами обмінюються цитоплазма й мітохондрії? Назвіть, які з них надходять у мітохондрії, а які — у цитоплазму.

 **Запитання для допитливих.** **1.** Чи дихають рослини? Якщо так, за допомогою яких органел? **2.** Як ви думаєте, у клітинах яких органів міститься велика кількість мітохондрій? Обґрунтуйте відповідь.

## § 14 ЯДРО, ЙОГО СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ФУНКЦІЇ. НЕМЕМБРАННІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ

 **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** ядро, ядерна оболонка, каріоплазма, ядерце, нуклеоїд, рибосома, цитоскелет, клітинний центр, центріоля, клітинні вклучення.

**Ядро** — обов'язковий структурний і функціональний компонент клітин грибів, рослин і тварин (еукаріотів). Воно зберігає генетичну інформацію та передає її дочірнім клітинам під час поділу, контролює синтез білків, а через нього — процеси життєдіяльності клітини. Більшість клітин має одне ядро, проте є й такі, що мають декілька або багато ядер (наприклад, клітини скелетних м'язів).

Ядро найчастіше має округлу форму, однак трапляються клітини й з іншими ядрами: кулеподібними, паличкоподібними, серпоподібними, лопатевими. Форма ядра залежить від форми клітини та від функцій, які вона виконує. Розміри ядра залежать від розміру клітини — зі збільшенням об'єму цитоплазми зростає й об'єм ядра. Здебільшого його об'єм становить 10–50 % об'єму клітини. До складу ядра входять білки, ДНК, РНК, ліпіди та певна кількість іонів  $Mg^{2+}$  і  $Mn^{2+}$ .

Ядро клітини характеризується наявністю таких складових, як *ядерна оболонка*, *ядерний сік (каріоплазма)* і *ядерце* (рис. 50).

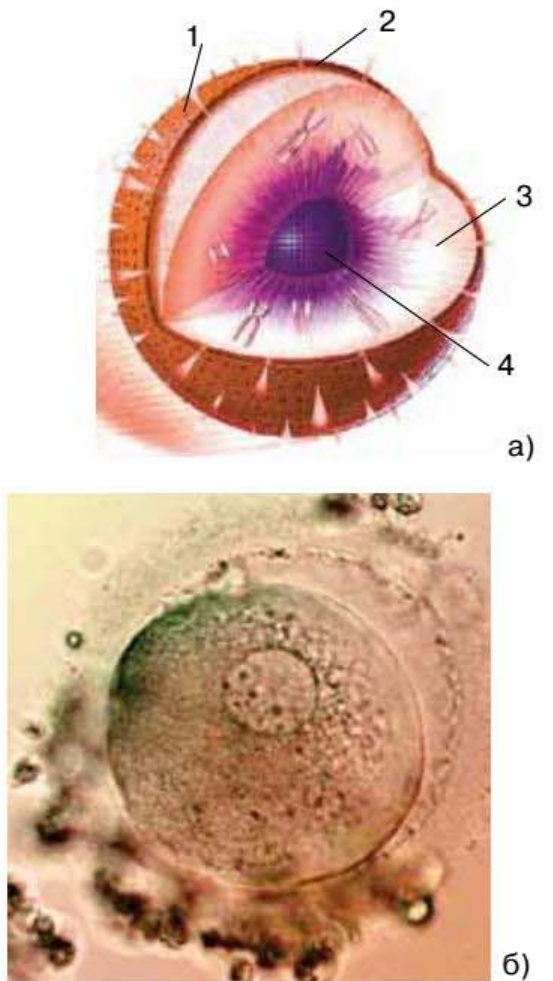


Рис. 50. Ядро: а) схема будови: 1 — ядерні пори, 2 — ядерна оболонка, 3 — ядерний сік (каріоплазма) зі спадковим матеріалом (ДНК), 4 — ядерце; б) електронно-мікроскопічна фотографія

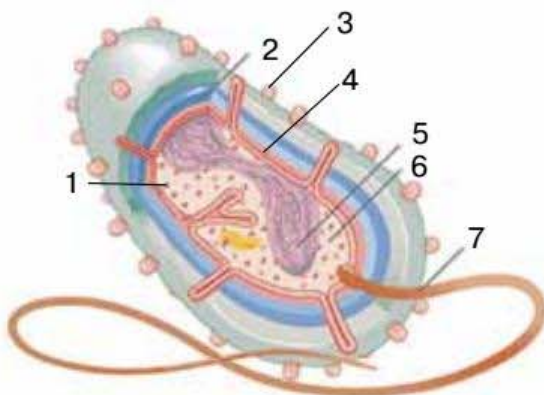


Рис. 51. Схема будови бактеріальної клітини: 1 — рибосома; 2 — клітинна стінка; 3 — війки; 4 — мембрана; 5 — нуклеоїд; 6 — включення; 7 — джгутик

**Ядерна оболонка** відокремлює генетичний матеріал від цитоплазми й забезпечує автономність і незалежність спадкових механізмів. Вона утворюється двома мембранами — *зовнішньою* та *внутрішньою*. Зовнішня мембрана з'єднана з ендоплазматичною сіткою й містить на своїй поверхні рибосоми. Уся ядерна оболонка пронизана *ядерними порами*, крізь які відбувається обмін різними речовинами між ядром і цитоплазмою.

**Каріоплазма** має велику кількість води (75–80 %) і за своїм складом подібна до цитоплазми. Це основна речовина. У каріоплазмі відбуваються реакції, пов'язані із синтезом різних видів РНК, подвоєння ДНК, утворення рибосом тощо.

**Ядерце** — округла структура всередині ядра, у якій відбувається синтез рибосомної РНК. Воно не має оболонки. У клітині звичайно буває 1–2, інколи й більше ядерць.

Аналогом ядра в бактерій та архей (прокаріотів) є **нуклеоїд** — замкнена в кільце молекула ДНК, занурена в цитоплазму. Нуклеоїд представлений ДНК, накрученою на спеціальні білки (рис. 51).

**Рибосоми** — мікроскопічні тільця округлої форми, які складаються з двох неоднакових за розмірами частинок (*субодиниць*), малої та великої. Рибосоми містять білки та рибосомну РНК (рис. 52). Субодиниці рибосом утворюються в ядерці, а потім через ядерні пори окремо одна від одної надходять до цитоплазми. Їхня кількість у цитоплазмі залежить від синтетичної активності клітини. Значна частина рибосом (40–60 %) зв'язана з ендоплазматичною сіткою, а інші вільно переміщуються в цитоплазмі. Основна функція рибосом — участь у синтезі білка.

**Цитоскелет** — сітка білкових мікротрубочок і мікрониток, які вкривають ізсередини плазматичну мембрану й пронизують внутрішній простір клітини (рис. 53). Цитоскелет характерний для всіх

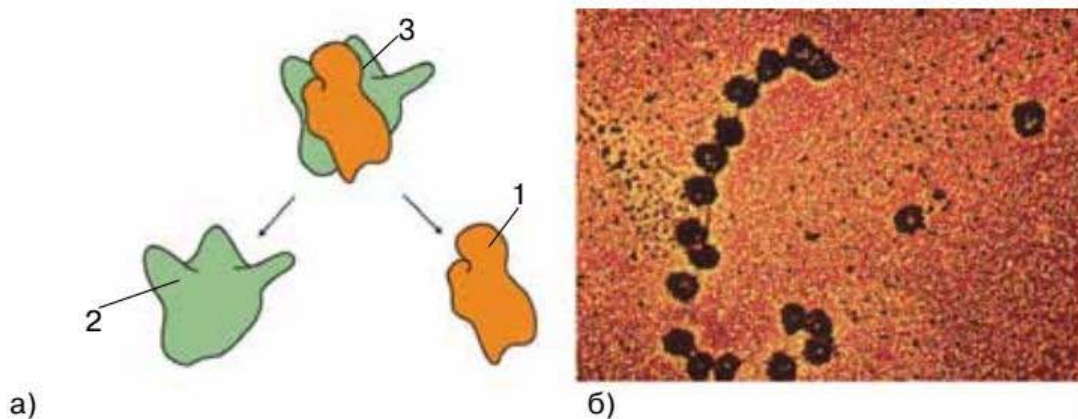


Рис. 52. Рибосома: а) схематична будова: 1 — малі субодиниці, 2 — велика субодиниця, 3 — рибосома; б) електронно-мікроскопічна фотографія

еукаріотичних клітин, є основним компонентом війок і джгутиків найпростіших, хвоста (джгутика) сперматозоїда.

**Клітинний центр (центромера)** розміщений зазвичай біля ядра у тваринних і деяких рослинних клітинах. Він складається з декількох центріоль і бере участь у поділі клітини (рис. 54), а також в утворенні джгутиків і війок.

**Клітинні включення** — це сталі структури, які можуть виникати й зникати в процесі життєдіяльності клітини та є запасними речовинами. Наприклад, у цитозолі багатьох клітин жири містяться у вигляді великих безводних крапель, вуглеводи запасуються у вигляді гранул.

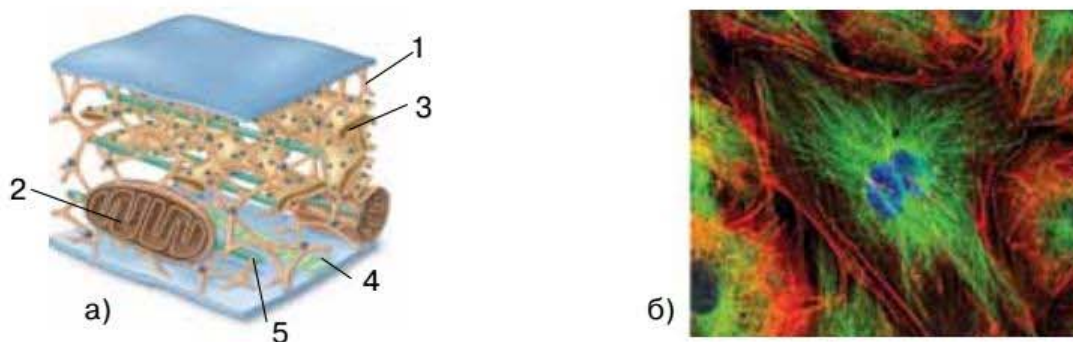


Рис. 53. Цитоскелет: а) схематична будова: 1 — ендоплазматична сітка, 2 — мітохондрія, 3 — плазматична мембрана, 4 — мікронитки, 5 — мікротрубочки; б) фотографія структур цитоскелета клітини

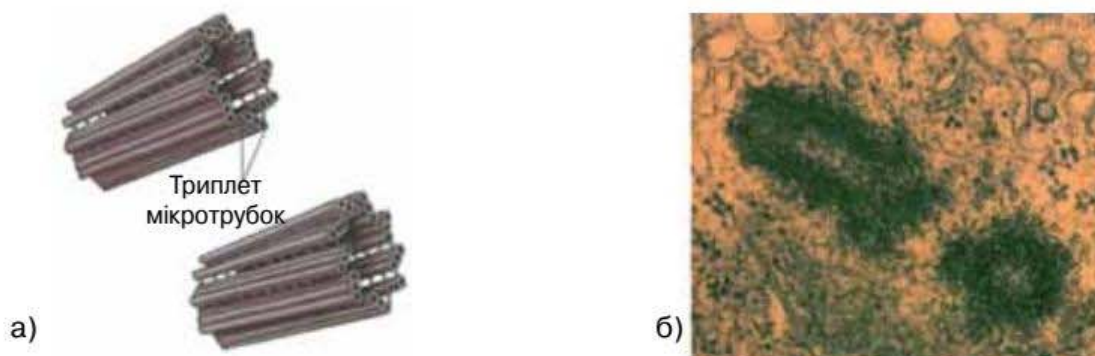


Рис. 54. Клітинний центр: а) схематична будова; б) електронна фотографія структур клітинного центру



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Охарактеризуйте будову ядра. 2. Які функції виконують ядерця? 3. У чому полягає провідна роль ядра в спадковості? 4. Яка будова рибосоми? 5. Яка структура забезпечує підтримання форми клітини? З яких компонентів вона складається? 6. Охарактеризуйте функції клітинного центру. 7. Яку функцію виконують клітинні включення?



**Самостійна робота з підручником.** Порівняйте функції компонентів цитоскелета.



**Домашнє завдання.** Як впливає відсутність ядра на властивості клітин? Наведіть приклади рослинних і тваринних клітин, які не мають ядра.



**Запитання для допитливих.** 1. Чи здатні клітини, що втратили ядро, до регенерації? 2. Чому м'язові волокна (клітини) зазвичай багатоядерні?



**Це цікаво знати.** У курців під впливом нікотину знижується здатність рибосом зв'язуватися з ендоплазматичною сіткою, через що порушуються біосинтетичні процеси в різних органах і тканинах.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ДО ТЕМИ 2

### «СТРУКТУРА КЛІТИНИ»

Цитологія вивчає будову й функції клітини та її складових частин. Клітина — це елементарна структурно-функціональна одиниця живих організмів. Для її вивчення використовують світлову й електронну мікроскопію. Усі клітини складаються з поверхневого апарату й цитоплазми, у якій містяться органели.

Залежно від особливостей будови клітин усі організми поділяють на два надцарства — еукаріоти і прокаріоти.

*Еукаріоти* — це організми, у клітинах яких є ядро, мітохондрії, пластиди, апарат Гольджі, ендоплазматична сітка, лізосоми, рибосоми, цитоскелет та інші органели.

*Прокаріоти* — це одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра та багатьох органел, які є в еукаріотів. Генетична інформація прокаріотів зберігається у формі замкненої в кільце молекули ДНК — *нуклеоїду*.

Біологічні мембрани відмежовують клітину від зовнішнього середовища, а у еукаріотів ще й ділять внутрішнє середовище клітини на функціональні ділянки. Функціями біологічних мембран є транспортна, бар'єрна, рецепторна.

Цитоплазма є внутрішнім середовищем клітини, у якому розташовані органели.

*Органелами* називають структури, які постійно присутні в клітині, мають певну будову, місце розташування й виконують певні функції.

У клітині присутні одномембранні, двомембранні та немембранні органели.

До *одномембранних органел* належать ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, вакуолі.

Основними функціями гранулярної ендоплазматичної сітки є синтез білків, гладенької — синтез ліпідів і вуглеводів. Комплекс Гольджі забезпечує накопичення, виведення та хімічну модифікацію синтезованих клітиною речовин. Лізосоми забезпечують внутрішньоклітинне перетравлення речовин. У вакуолях накопичуються синтезовані клітиною речовини або продукти життєдіяльності клітини.

До *двомембранних органел* належать мітохондрії, пластиди (хлоропласти, лейкопласти, хромопласти) і ядро.

Основна функція мітохондрій — їх участь в енергетичному обміні клітини та здійсненні внутрішньоклітинного дихання. У хлоропластах відбувається процес фотосинтезу. В ядрі міститься основна частина ДНК. Воно зберігає спадкову інформацію, яку передає дочірнім клітинам у процесі поділу, а також бере участь у регулюванні процесів обміну речовин у клітині.

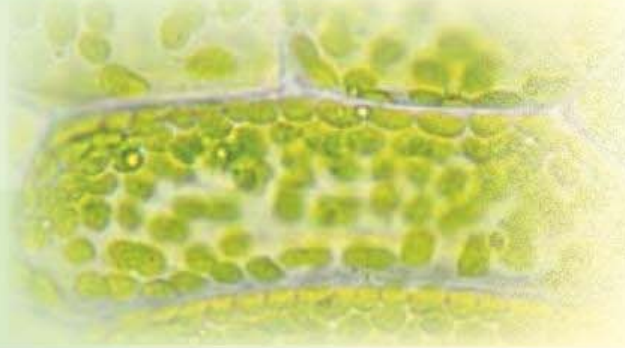
До *немембранних органел* відносять рибосоми, клітинний центр, компоненти цитоскелета (мікротрубочки, мікронитки).

Рибосоми беруть участь у процесах біосинтезу білків. Клітинний центр відіграє важливу роль в організації цитоскелета. Компоненти цитоскелета розміщуються в цитоплазмі та забезпечують підтримку й пристосування форми клітини до умов зовнішнього середовища, беруть участь у процесах ендоцитозу й екзоцитозу, забезпечують рух клітини та її поділ клітини.

Органоїдами руху є джгутики, війки, псевдоподії.

До непостійних структур клітини належать клітинні включення у вигляді крапель жиру, зерен білків або полісахаридів, кристалів солі, які виникають і зникають залежно від активності обміну речовин у клітині.

# ТЕМА 3. ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЛІТИНИ



## § 15 ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** обмін речовин (метаболізм), дисиміляція, асиміляція, енергетичний обмін, пластичний обмін, фотоавтотрофи, гетеротрофи, хемоавтотрофи, аероби, анаероби.

**Обмін речовин та енергії.** Життя на планеті Земля залежить від потоку сонячної енергії. Невелику її частину накопичують (акумуляують) органічні сполуки під час процесу фотосинтезу енергії хімічних зв'язків. Перетворення цієї енергії в організмі забезпечує всі процеси його життєдіяльності.

Безпосереднім джерелом енергії для виконання будь-якої роботи, будь-якої функції організму є багаті на енергію органічні молекули. Процеси розщеплення органічних сполук, що супроводжуються виділенням тепла, називаються **дисиміляцією**. Здійснення процесів дисиміляції пов'язане з функцією дихання. Сукупність процесів дисиміляції є енергетичним обміном.

У живих організмах процесам дисиміляції протистоять протилежно спрямовані процеси, що забезпечують у нормальних умовах збереження маси організму або навіть її збільшення в період росту.

Надходження енергії в живі організми здійснюється двома шляхами — за рахунок поглинання енергії сонячного світла в процесі фотосинтезу (фотоавтотрофні організми) і в процесі живлення, коли в організм надходять енергоємні органічні (гетеротрофні організми) або неорганічні (хемоавтотрофні організми) сполуки.

**Фотоавтотрофи** — організми, які здатні поглинати енергію квантів світла в процесі фотосинтезу й перетворювати її на енергію хімічних зв'язків в органічних сполуках. До них належать майже всі рослинні організми, а також фотосинтезуючі бактерії (синьо-зелені водорості).

**Гетеротрофи** — організми, що поглинають у процесі живлення органічні сполуки та здатні отримувати енергію при їх розщепленні й окисненні. До них належать усі тварини, гриби й більшість бактерій.

**Хемоавтотрофи** — організми, які поглинають у процесі живлення недоокислені неорганічні сполуки й здатні отримувати енергію за рахунок їх повного окиснення. До них належать деякі види бактерій.

Енергія, що надходить в організм різними шляхами, використовується для процесів біологічного синтезу. Усі біосинтетичні реакції відбуваються з використанням енергії. Процес синтезу органічних сполук й утворення надмолекулярних структур називається **асиміляцією**. Процеси асиміляцією є проявом так званого *пластичного обміну*.



Процеси асиміляції тісно пов'язані з процесами дисиміляції — енергія, необхідна для процесів біосинтезу (за винятком фотосинтезу й хемосинтезу) утворюється при розщепленні органічних сполук (табл. 1).

Таблиця 1

Процеси дисиміляції		Процеси асиміляції	
Процес	Де відбувається	Процес	Де відбувається
Розщеплення полімерів до мономерів	Шлунково-кишковий тракт, лізосоми	Синтез проміжних сполук із неорганічних речовин	Хлоропласти
Розщеплення мономерів до проміжних сполук (гліколіз)	Цитозоль	Синтез мономерів із проміжних сполук	Цитозоль, хлоропласти
Окислення проміжних сполук до низькомолекулярних речовин (дихання)	Мітохондрії	Синтез полімерів із мономерів	Цитозоль (білки, жири, вуглеводи), ядро (нуклеїнові кислоти)


Сукупність процесів перетворення речовин та енергії в організмі називається *обміном речовин та енергії*, або *метаболізмом*.

**Використання енергії в організмі.** Усі організми для забезпечення процесів життєдіяльності використовують енергію, нагромаджену в молекулах АТФ.


Безпосередньо енергію у формі молекул АТФ організми отримують у ході клітинного дихання — процесу, який відбувається в мітохондріях, гліколізу та фотосинтезу. Дихання буває двох типів: *аеробне*, у якому обов'язково бере участь кисень, й *анаеробне*, яке відбувається без участі кисню. Саме ці процеси становлять основу енергетичного обміну.

**Аеробні організми (аероби)** — організми, які можуть жити й розвиватися лише за наявності в середовищі кисню. До аеробних організмів належать усі рослини, більшість найпростіших і багатоклітинних тварин, майже всі гриби.

**Анаеробні організми (анаероби)** — організми, які не потребують кисню для своєї життєдіяльності. Анаеробні організми — це переважно бактерії, деякі гриби, найпростіші, деякі черви тощо.

 **Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Що таке *метаболізм*? 2. Що відбувається з речовинами й енергією під час реакцій розщеплення? 3. Що відбувається з речовинами й енергією в реакціях синтезу? 4. У чому полягає схожість процесів анаболізму й катаболізму? 5. Як живі організми класифікують за способом живлення?

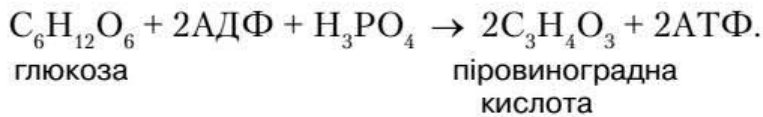
 **Самостійна робота з підручником.** Порівняйте особливості обміну речовин у автотрофних і гетеротрофних організмів.

 **Домашнє завдання.** Якщо припустити, що енергетичного обміну не існує, і вважати, що все завершувалося б утворенням дедалі нової й нової органічної речовини без розщеплення, чи можливе було б життя? Обґрунтуйте відповідь.



Крім зазначених видів бродіння, існує також маслянокисле бродіння з утворенням масляної кислоти.

У всіх клітинах еукаріотичних організмів відбувається подібний процес безкисневого розщеплення органічних речовин, який дістав назву *гліколіз*. Він відбувається в цитоплазмі клітин. **Гліколіз** — це початковий етап розщеплення вуглеводів. Гліколіз складається з послідовних ферментативних реакцій, у ході яких відбувається окиснення глюкози й утворення піровиноградної кислоти. Унаслідок гліколізу утворюється дві молекули АТФ. Спрощене сумарне рівняння гліколізу має такий вигляд:



Піровиноградна кислота в подальшому надходить у мітохондрії, де окиснюється в процесі дихання.

Гліколіз має важливе фізіологічне значення. Завдяки йому організми можуть одержувати енергію за умов дефіциту кисню.



**Думаємо, розуміємо, відповідаємо.** 1. Які процеси відбуваються під час безкисневого етапу енергетичного обміну? 2. Що таке *гліколіз*? 3. Які перетворення відбуваються під час гліколізу? 4. Що таке *бродіння*? 5. Які види бродіння існують?



**Самостійна робота з підручником.** У чому полягає біологічне значення гліколізу для забезпечення життєдіяльності різних організмів?



**Домашнє завдання.** 1. При взаємодії 1 г глюкози із 744 мл кисню виділяється 15,8 кДж теплоти. За добу організм людини переробляє майже 100 г глюкози. Розрахуйте масу кисню, що його споживає людина за добу, і кількість теплоти, яка при цьому виділяється. 2. Визначте масу глюкози, яка була розщеплена молочнокислими бактеріями, якщо ними було утворено 135 г молочної кислоти.

## § 17

## БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ДИХАННЯ



**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ:** клітинне (тканинне) дихання, цикл трикарбонних кислот (цикл Кребса), щавелевооцтова кислота, лимонна кислота, ацетил-КоА.

**Дихання.** Практично будь-який процес, під час якого окиснення органічних речовин спричиняє виділення енергії, можна назвати *диханням*. Ці процеси відбуваються в клітинах і тому дістали назву **клітинне**, або **тканинне**, **дихання**.

Якщо клітинне дихання відбувається без участі кисню, то йдеться про *анаеробне дихання* (до нього належать процеси гліколізу й бродіння), якщо ж вивільнення енергії є наслідком окиснення поживних речовин за участю кисню — це *аеробне дихання*.

**Цикл трикарбонних кислот.** Молекули піровиноградної кислоти, що утворилися внаслідок гліколізу, потрапляють із цитоплазми в матрикс мітохондрій,

### ТЕМА 3. ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЛІТИНИ

де починається їх поступове перетворення. Під дією ферментів відбувається відщеплення від них вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  та приєднання коферменту А. Утворюється речовина, яка має назву *ацетил-кофермент А*, або скорочено **ацетил-КоА**. Особливістю цієї сполуки є те, що вона забезпечує легке приєднання ацетильної групи  $\text{CH}_3\text{CO}-$  до молекули *щавлевооцтової кислоти*  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5$  з утворенням *лимонної кислоти*  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ . Відбувається це в матриксі мітохондрій. З цієї реакції починається **цикл трикарбонових кислот**, або **цикл Кребса**. Цикл Кребса — це поетапний біохімічний процес, під час перебігу якого 2 атоми Карбону ацетильної групи окиснюються Оксигеном до 2 молекул  $\text{CO}_2$ . При цьому щавлевооцтова кислота, яка міститься на початку циклу, утворюється й наприкінці циклу (рис. 55). Процес окиснення в циклі Кребса супроводжується вивільненням у матрикс мітохондрій 12 протонів  $\text{H}_2^+$  й такої самої кількості електронів. Речовинами-переносниками 10 протонів транспортуються в міжмембранний простір мітохондрії (рис. 56). Унаслідок цього на внутрішній мембрані мітохондрії створюється різниця електричного потенціалу.

Наступний етап процесу дихання — утворення АТФ із АДФ за участю АТФ-синтази (див. § 16).

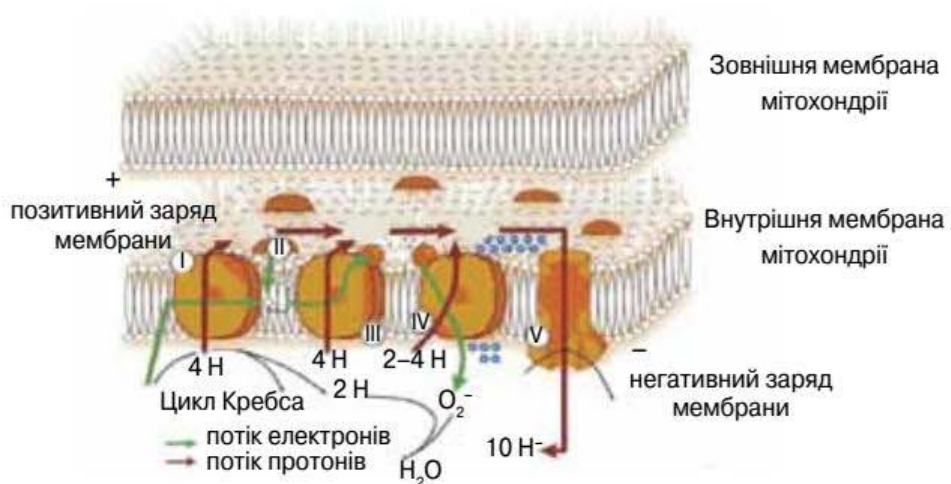
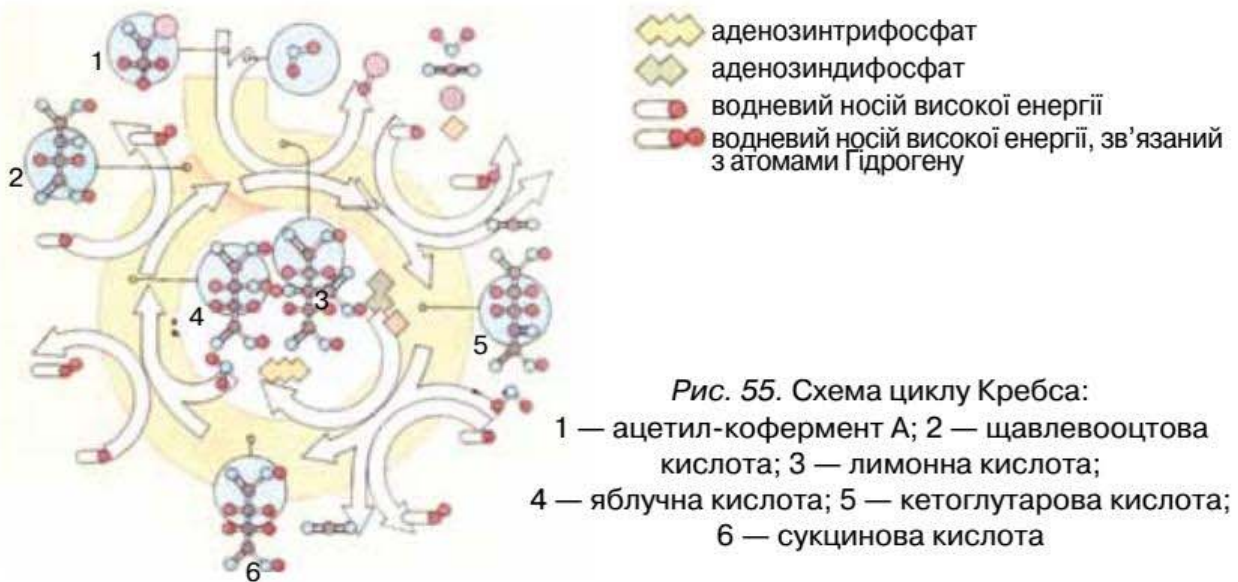


Рис. 56. Перенесення протонів речовинами-переносниками з матриксу в міжмембранний простір мітохондрії