Шановні друзі!

Ви починаєте вивчати курс «Загальна біологія», у якому ознайомитеся з молекулярним, клітинним і організмовим рівнями організації живої природи, особливостями живих систем, навчитеся проводити деякі біохімічні досліди і розв'язувати задачі з молекулярної біології. Це допоможе вам зрозуміти, чому саме біологічні науки є теоретичною основою медицини, агрономії, тваринництва, а також усіх галузей виробництва, які пов'язані з живими організмами.

Як працювати з підручником

Підручник призначений для роботи за чинною програмою рівня стандарту й академічного рівня. Матеріал підручника поділено на розділи, теми й параграфи.

На початку кожної теми наведено перелік ключових питань, які розглядатимуться у відповідних параграфах. Закінчується тема завданнями для проектної і групової роботи, наведено також план її виконання. У кінці кожного розділу пропонуються тести для перевірки знань.

Кожен параграф, крім основного тексту, має такі рубрики: «Опорні точки» (висновки), «Пригадайте», «Дізнайтеся більше», «Наука — практиці». Усі вони дадуть можливість краще зрозуміти й запам'ятати новий матеріал. Якщо біля назви параграфа чи якоїсь його частини стоїть знак «*», то це означає, що цей матеріал є обов'язковим для вивчення лише за програмою академічного рівня. Для навчання за програмою рівня стандарту такий матеріал не є обов'язковим, у цьому випадку він може використовуватися як додатковий матеріал для поглибленого вивчення.

Після параграфа наведено запитання для контролю і самоконтролю та лабораторні й практичні роботи. Завдання, що помічені знаком «●», є завданнями достатнього рівня складності, знаком «●●» — високого рівня складності. Завдання без умовних позначок є завданнями початкового й середнього рівня складності.

Для швидкого пошуку інформації у підручнику можна скористатися алфавітним покажчиком, наведеним у кінці книги.

Успіхів вам у пізнанні таємниць живої природи та творчого і приємного навчання!

ВСТУП

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- видатних учених-біологів України;
- методи біологічних досліджень;
- сучасне визначення поняття «життя»;
- основні властивості живого і рівні організації живої матерії.

Навчитеся:

- розуміти значення біологічної науки в житті людини й суспільства;
- характеризувати методи біологічних досліджень;
- пояснювати зв'язок біології з іншими природничими та гуманітарними науками.

§ 1. Значення біологічної науки в житті людини й суспільства

Людство в процесі свого розвитку завжди виявляло інтерес до пізнання живої природи, оскільки знання про живі організми є життєво необхідними для людини. Рослини й тварини були джерелом їжі, використовувалися у промисловому виробництві, медицині, побуті. Невидимий світ мікроорганізмів мав різнобічний вплив на людину, приховував у собі як небезпеку для її життя й здоров'я, так і можливості для вдосконалення виробництва продуктів харчування, ліків та інших необхідних речей. Отже, життя людства неможливе без знань про живу природу, які надає наука біологія.

Біологія (від грец. *bios* — життя, *logos* — учення) — це наука про життя та його закономірності. Термін «біологія» запропонували у 1802 р. Ж. Б. Ламарк та Г. Р. Тревіранус незалежно один від одного. Біологія вивчає величезне різноманіття живих систем і живих істот,

зокрема й тих, що вимерли, їхню будову й функції, походження та взаємозв'язки, поширення й розвиток, зв'язки між живою і неживою природою. Біологічні науки є теоретичною основою медицини, агрономії, тваринництва, а також усіх галузей виробництва, пов'язаних із живими організмами.

Завдяки знанню законів спадковості та мінливості можна створювати високопродуктивні сорти культурних рослин і породи свійських тварин. Біологічні знання допомагають у боротьбі зі шкідниками та хворобами культурних рослин, паразитами тварин. Досягнення сучасної біології набули практичного застосування у промисловому біологічному синтезі амінокислот, кормових білків, ферментів, вітамінів, стимуляторів росту й засобів захисту рослин, інших необхідних речовин.

За допомогою методів генної інженерії біологи створили організми з новими комбінаціями спадкових ознак і властивостей, наприклад рослини з підвищеною стійкістю до захворювань, засолення ґрунтів, здатністю до фіксації атмосферного азоту тощо. Багато сільськогосподарських культур створено за допомогою методів генної інженерії, серед них 11 сортів сої, 24 сорти картоплі, 32 сорти кукурудзи, 3 сорти цукрового буряку, 5 сортів рису, 8 сортів томатів, 3 сорти пшениці.

Дізнайтеся більше

Генетично модифіковані сільгоспкультури широко використовуються у світовому сільському господарстві, оскільки вони не потерпають від шкідників, стійкі до пестицидів, не потребують рясного поливання. Зовні вони не відрізняються від сортів, отриманих методами традиційної селекції (мал. 1.1).

Пригадайте

Пестициди — це хімічні речовини, що використовуються для боротьби зі шкідливими організмами.

а

б

Мал. 1.1. Генетично модифіковані кукурудза (*а*) та соя (*б*)

Генна інженерія лежить в основі розробки принципів біотехнології, пов'язаної з виробництвом біологічно активних речовин — це, наприклад, інсулін, антибіотики, інтерферон, нові вакцини для профілактики інфекційних захворювань людини та тварин.

Теоретичні досягнення біології широко застосовуються в медицині. Наприклад, генетичні дослідження дозволяють розробляти методи ранньої діагностики, лікування та профілактики багатьох спадкових хвороб людини.

Дізнайтеся більше

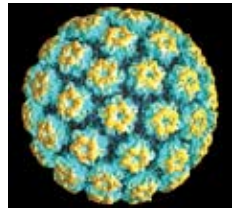
Нобелівську премію з біології та медицини у 2008 р. поділили Гаральд цур Хаузен («за відкриття вірусів папіломи людини, що спричиняють рак»), Франсуаза Барре-Сінуссі та Люк Монтаньє («за відкриття вірусу імунодефіциту людини») (мал. 1.2). Значення цих відкриттів для боротьби з раком та СНІДом є величезним. Від них залежить порятунок мільйонів людей.

Розв'язання таких важливих проблем сучасності, як охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів і підвищення продуктивності рослинного світу, є можливим лише на основі біологічних досліджень.

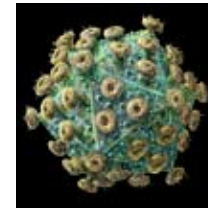
Визначні відкриття, зроблені в різних галузях біології, висунули її на передній план природознавства, суттєво вплинули на побудову сучасної наукової картини світу.

Система біологічних наук

Історичний шлях розвитку біології призвів до формування системи біологічних наук. За досліджуваними об'єктами серед них можна виділити, наприклад, зоологію, ботаніку, мікологію, вірусологію; за досліджуваними властивостями та функціями — фізіологію, ембріологію, генетику, етіологію; за рівнями організації живого — молекулярну біологію, цитологію, гістологію, анатомію, екологію.

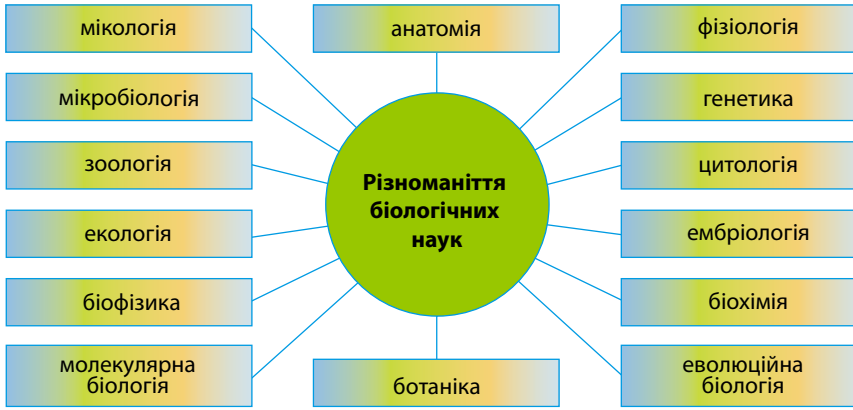


а



б

Мал. 1.2. Вірус папіломи людини (*а*) та вірус імунодефіциту людини (*б*)



Багато біологічних наук є комплексними, інтегрованими, наприклад біохімія, біофізика, радіобіологія, біогеографія, біологія індивідуального розвитку.

Біологія тісно пов'язана з іншими природничими дисциплінами. На стиках наук виникають і успішно розвиваються нові напрямки: біокібернетика, біоніка, математична біологія, біоінформатика.

Сучасна біологія активно освоює й гуманітарну сферу, досліджуючи біологічні витоки таких явищ, як культура, мистецтво, влада, агресивність, альтруїзм, управління, лідерство, любов. Розвиваються такі науки, як етологія людини, соціобіологія, еволюційна психологія тощо.

Опорні точки

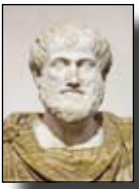
Сучасна біологія сформувалася в результаті тисячолітнього розвитку наукової думки. Біологія — багатогранна наука, що включає різні напрямки та галузі знань. Вона є фундаментом для розвитку інших галузей знань, відіграє важливу роль у промисловості, сільському господарстві та медицині.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що вивчає біологія?
2. Які біологічні науки ви знаєте?
3. Які біологічні науки можна виділити за рівнями організації живого?
4. Наведіть приклади практичного застосування біологічних знань.
5. Чому біологія тісно пов'язана з іншими природничими дисциплінами і гуманітарними науками?
6. Користуючись «Енциклопедичними сторінками» (с. 8—15), проаналізуйте великі теоретичні відкриття, які були зроблені в біології у XIX ст.
7. Користуючись «Енциклопедичними сторінками» (с. 8—15), проаналізуйте великі теоретичні відкриття, які були зроблені в біології у XX ст.

Історія розвитку біології

Хоча сама біологія формувалася як наука у XIX ст., біологічні дисципліни зародилися значно раніше у філософії, природничій історії та медицині. Своїм корінням сучасна біологія сягає давнини і бере початок у Давньому Єгипті та Давній Греції.



Арістотель (384—322 до н. е.)

Основи зоології заклав грецький філософ Арістотель. Він уперше в історії впорядкував знання про природу, виділивши основні її компоненти: неорганічний світ, рослини, тварини, людину. Свої погляди на явища природи Арістотель виклав у творах «Історія тварин», «Про виникнення тварин» та інших.

Теофраст (бл. 370 — бл. 286 до н. е.)

Батьком ботаніки вважають філософа Теофраста — учня Арістотеля, який написав «Природну історію рослин». Поряд зі спостереженнями загального характеру ця книга містить рекомендації щодо практичного застосування рослин. Теофраст дав основи класифікації та фізіології рослин, описав майже 500 видів рослин.

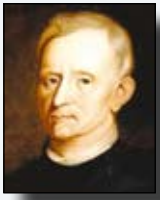
Клавдій Гален (131—200 н. е.)

Поява науки анатомії пов'язана з класичною працею давньоримського лікаря Клавдія Галена «Про частини людського тіла», у якій уперше було подано анатомо-фізіологічний опис людини.

Андреас Везалій (1514—1564)

Пізніше Андреас Везалій дав науковий опис будови органів і систем організму людини, а Вільям Гарвей вивчив велике і мале кола кровообігу.

Роберт Гук (1635—1703)



Поява на початку XVII ст. мікроскопа дала змогу вивчати мікроорганізми, їхню будову та функції.

Роберт Гук, Марчелло Мальпігі, Ян Сваммердам та Антоні ван Левенгук започаткували вивчення клітин і тканин. Левенгук уперше побачив під мікроскопом бактерій та одноклітинних тварин.

Антоні ван Левенгук (1632—1723)

Антоні ван Левенгук — голландський натураліст, який сконструював мікроскоп. Мікроскоп Левенгука є унікальним виробом і за технологією виготовлення, і за результатами застосування.

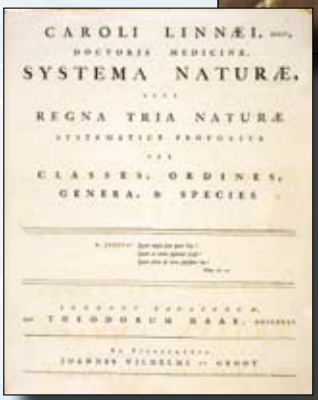
За допомогою своїх мікроскопів Левенгук досліджував структуру різних форм живої матерії. Він стверджував, що слід утриматися від міркувань, коли говорить дослід.

Мікроскоп Левенгука

Карл Лінней (1707—1778)

Карл Лінней — шведський природознавець: ботанік, зоолог і лікар — видатний учений XVIII ст., перший президент Шведської академії наук.

У 1735 р. він опублікував свою основну працю під назвою «Система природи». Карл Лінней описав близько 4200 видів тварин і 1500 видів рослин.


CAROLI LINNÆI,
DOCTORIS MEDICINÆ,
SYSTEMA NATURÆ,
REGNA TRIA NATURÆ
CLASSES, ORDINES,
GENERA, & SPECIES

Обкладинка першого видання книги К. Ліннея «Система природи»

Жан Батист Ламарк (1744—1829)

На початку XIX ст. Ж. Б. Ламарк у книзі «Філософія зоології» вперше сформулював думку про еволюцію органічного світу та рушійні сили еволюції. Саме Ламарк виділив біологію як самостійну науку та ввів до активного наукового обігу сам термін «біологія».

Пам'ятник Ж. Б. Ламарку в Парижі

У XIX ст. з'явилося перше велике наукове узагальнення в біології — клітинна теорія. Її створили Маттіас Шлейден і Теодор Шванн у 1838—1839 рр., а доповнив Рудольф Вірхов у 1855 р. Завдяки клітинній теорії світ дізнався про те, що саме клітина є структурною і функціональною одиницею живого.

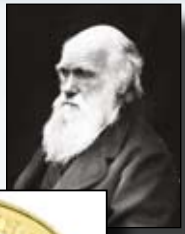
XIX ст. позначилося багатьма важливими для розвитку біології подіями.

Маттіас Шлейден (1804—1881)

Рудольф Вірхов (1821—1902)

Теодор Шванн (1810—1882)

Чарлз Дарвін (1809—1882)



Чарлз Дарвін, англійський натураліст і мандрівник, створив теорію еволюції, у якій відкрив основні рушійні сили еволюції — природний добір, спадковість і мінливість.

24 листопада 1859 р. вийшла друком геніальна праця Чарлза Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору або збереження обраних рас у боротьбі за життя», в якій були майстерно викладені і всебічно обґрунтовані наукові основи еволюційної теорії.

Пам'ятна монета, присвячена 200-річчю з дня народження Дарвіна

Грегор Мендель (1822—1884)

Австрійський священик і ботанік Грегор Мендель вивчав закономірності спадковості та заклав основи науки генетики. Він розробив метод гібридологічного аналізу, який став основним генетичним методом.

Пам'ятник Г. Менделю перед меморіальним музеєм у місті Брно споруджено 1910 р. на кошти, зібрані вченими всього світу

Закони Менделя були «перевідкриті» у XX ст. німецьким ботаніком Карлом Корренсом, австрійським ботаніком Еріхом Чермаком та голландським ученим Гуго де Фрізом. Генетика, що зародилася на межі століть, стала однією з найважливіших сучасних біологічних наук.

Гуго де Фріз
(1848—1935)

Карл Корренс
(1864—1933)

Еріх Чермак
(1871—1962)

Томас Хант Морган (1866—1945)

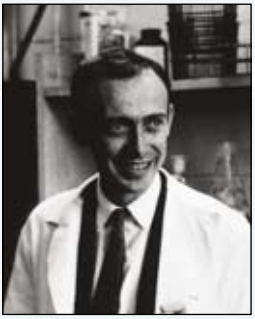
Т. Х. Морган — один з авторів хромосомної теорії спадковості — отримав Нобелівську премію з фізіології та медицини у 1933 р. «за відкриття, пов'язані з роллю хромосом у спадковості». Муха дрозофіла — це улюблений об'єкт досліджень для генетиків усього світу. Дрозофілу вперше почали вивчати саме в лабораторії Моргана.

Подальший розвиток еволюційного вчення пов'язаний із досягненнями популяційної генетики та інших нових біологічних наук, що з'явилися у XX ст. Праці Миколи Вавилова, Сергія Четверикова, Олексія Сєверцова, Роберта Фішера, Феодосія Добржанського, Миколи Тимофєєва-Ресовського, Івана Шмальгаузена стали значним внеском у біологію XX ст. і підвели людство до пізнання фундаментальних властивостей живого.

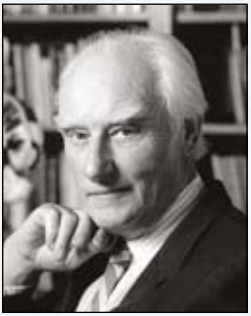
Микола Іванович Вавилов (1887—1943)

М. І. Вавилов — російський і радянський учений-генетик, ботанік, селекціонер, географ, організатор і учасник експедицій, у ході яких було виявлено світові центри походження культурних рослин. Він обґрунтував учення про імунітет рослин, відкрив закон гомологічних рядів у спадковій мінливості організмів.

Епохальними для XX ст. стали відкриття будови молекули ДНК у 1953 р. Джеймсом Уотсоном, Френсісом Кріком, Морісом Уїлкінсом і Розаліндою Франклін, а також відкриття матричного синтезу білків та нуклеїнових кислот і розшифрування генетичного коду. Ці відкриття мали величезне практичне значення, вони спричинили появу таких наукових напрямків, як біотехнологія та генна інженерія.



Джеймс Уотсон
(народився у 1928 р.)



Френсіс Крік
(1916—2004)

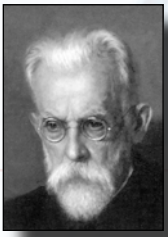
Розалінда Франклін
(1920—1958)

Моріс Уїлкінс
(1916—2004)

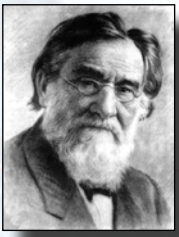
Важливими стали й екологічні дослідження XX ст., у результаті яких було сформульовано такі поняття, як біогеоценоз (В. Н. Сукачов), екосистема (А. Теслі) та біосфера (В. І. Вернадський).

Видатні вчені-біологи України

Серед всесвітньо відомих учених-біологів багато наших співвітчизників, наприклад засновник учення про біосферу, перший президент Академії наук України академік Володимир Іванович Вернадський (1863—1945), засновник імунології та мікробіології, лауреат Нобелівської премії Ілля Ілліч Мечников (1845—1916), найвідоміший еволюціоніст академік Іван Іванович Шмальгаузен (1884—1963).



В. І. Вернадський (1863—1945) — засновник учення про біосферу



І. І. Мечников (1845—1916) — засновник імунології та мікробіології

І. І. Шмальгаузен (1884—1963) — біолог, зоолог, теоретик еволюційного вчення

Сергій Гаврилович Навашин (1857—1930)

С. Г. Навашин — ботанік, цитолог та ембріолог рослин, який працював у Київському університеті. Він заклав основи морфології хромосом і каріосистематики, відкрив у 1898 р. подвійне запліднення у покритонасінних рослин, створив вітчизняну школу цитології та ембріології рослин.

Іван Миколайович Буланкін (1901—1960)

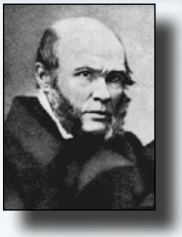
І. М. Буланкін — видатний український біохімік.

Він працював у Харківському університеті, довгі роки був його ректором. Основні роботи Буланкіна присвячені біохімії білків.

Олександр Онопрійович Ковалевський (1840—1901)

О. О. Ковалевський — автор праць, присвячених порівняльній ембріології та фізіології безхребетних тварин. Зробив значний внесок у розвиток еволюційного вчення.

Микола Іванович Пирогов (1810—1881)



М. І. Пирогов — видатний хірург, заклав основи топографічної анатомії та оперативної хірургії.

Він увійшов в історію як людина, яка зробила хірургію наукою, фактично відкрила в ній нову епоху. Але його діяльність була значно ширшою. Її результатом були й унікальні за точністю анатомічні атласи, і принципово нова техніка проведення операцій, і революційні праці зі знеболювання, і створення військово-польової хірургії.

Микола Федорович Гамалія (1859—1949)

М. Ф. Гамалія — відомий мікробіолог і епідеміолог. Для поглиблення свого досвіду в галузі бактеріології він працював у Парижі в лабораторії Луї Пастера. За сприяння Пастера Гамалія у 1886 р. заснував разом з І. І. Мечниковим і Я. Ю. Бардахом в Одесі першу в Росії (і другу у світі) бактеріологічну станцію. Гамалія вперше в Росії здійснив вакцинацію людей проти сказу.

Олександр Олександрович Богомолець (1881—1946)

О. О. Богомолець — академік, основоположник вітчизняної школи патофізіологів, автор численних праць з ендокринології, порушення обміну речовин, імунітету й алергії, раку, старіння організму тощо. Він очолював створений ним Інститут експериментальної біології і патології та Інститут клінічної фізіології.

Данило Кирилович Заболотний (1866—1929)

Д. К. Заболотний — академік, мікробіолог та епідеміолог. Заснував українську мікробіологічну школу, встановив шляхи поширення холери, розробив ефективну діагностику цього захворювання. Його наукові висновки базувались на багатющому фактичному матеріалі, на подвижницькій практичній боротьбі з інфекційними захворюваннями.

Відомими біологами є ботанік, біохімік та фізіолог рослин Володимир Іванович Палладін (1859—1922) та біохімік, засновник біохімічної школи, основні наукові праці якого присвячені біохімії нервової системи, м'язової діяльності та вітамінів, Олександр Володимирович Палладін (1885—1972).

Світову славу здобули селекціонери Лев Платонович Симиренко (1855—1920), який займався селекцією й акліматизацією плодових рослин, Михайло Федорович Іванов (1871—1935), праці якого присвячені племінній справі, селекції й акліматизації тварин, Василь Якович Юр'єв (1879—1962), який присвятив своє життя селекції зернових культур.

§ 2. Сучасне визначення поняття «життя». Основні властивості живого

Сучасне визначення поняття «життя»

Життя є настільки різноманітним та багатогранним, що дати однозначне та вичерпне визначення цього явища природи дуже важко (мал. 2.1).

Існує багато визначень життя, які дали різні вчені в різний час. Наприклад, Арістотель визначав життя як «харчування, ріст і старіння», Тревіранус вважав, що життя — це «стійка одноманітність процесів із відмінністю зовнішніх впливів», академік І. П. Павлов визначав його як «складний хімічний процес», а академік О. І. Опарін — як «особливу, дуже складну форму руху матерії».

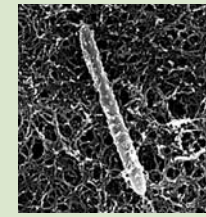
Життя в сучасному розумінні — це особливий спосіб існування організмів, істотними чинниками якого є обмін речовин із навколишнім середовищем і відтворення подібних собі. Живі системи здатні до впорядкування, створення порядку із хаосу, а також до еволюції з виникненням нових властивостей та якостей. Уся жива речовина Землі, тобто живі організми, спричинила глибокі зміни в розвитку нашої планети.

Життя — це одна з форм існування матерії, якісно вища, ніж фізична й хімічна форми її існування. Життя характеризується низкою особливостей, що відрізняють живе від неживого. Будь-яке визначення життя обов'язково включає опис цих особливостей — основних властивостей живого. Саме про них необхідно знати, щоб дати найбільш вичерпне визначення того, що таке життя.

Мал. 2.1. Життя різноманітне: суходіл, вода й повітря населені різними його формами

Дізнайтеся більше

У Південній Африці на глибині 2,8 км під землею знайдено унікальну екосистему, все населення якої представлене одним-єдиним видом бактерій. Мікроорганізм, який дістав назву *Desulforudis audaxviator*, живе в цілковитій самотності в гарячій підземній воді, насиченій сульфатами, і виробляє всі необхідні для життя речовини з неорганічних сполук.



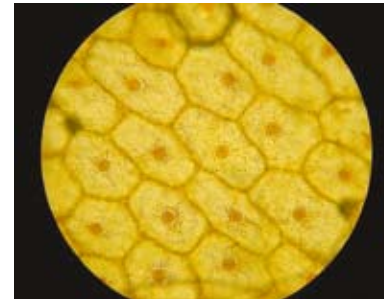
Desulforudis audaxviator

Основні властивості живого

Живі системи мають ознаки, відсутні в багатьох неживих систем. Можливий спосіб описати життя — це назвати основні властивості живих систем. Життя — це особливий стан матерії, якого набуто завдяки таким властивостям:

1. Живі системи стосовно навколишнього середовища є **відкритими системами**, тобто їм властивий особливий спосіб взаємодії з навколишнім середовищем — **обмін речовин та енергії** (мал. 2.2.).
2. Для живих організмів характерна **єдність хімічного складу**. До складу живих організмів входять ті самі хімічні елементи, що й до об'єктів неживої природи. Однак співвідношення елементів у живому та неживому не є однаковим — у живих організмах 98 % хімічного складу припадає на чотири елементи: Карбон, Оксиген, Нітроген і Гідроген.
3. **Єдиний принцип структурної організації**. Елементарною структурно-функціональною одиницею живого є **клітина** (мал. 2.3).

Мал. 2.2. Відкриті системи



Мал. 2.3. Клітини шкірки цибулі

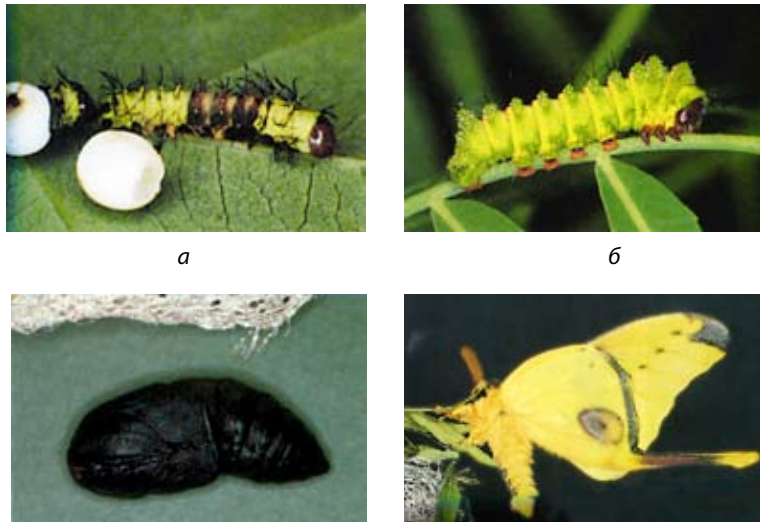
Мал. 2.4. Складність організації

Мал. 2.5. Розмноження

4. Для живих систем характерні **складність і високий ступінь їхньої організації**. Будь-яка складова організму має спеціальне призначення та виконує певні функції. Це стосується не лише органів, а й органел і молекул (мал. 2.4).
5. Існування кожної окремої біологічної системи обмежене в часі, тому підтримування життя пов'язане із **самовідтворенням**, тобто розмноженням. Розмноження живих організмів пов'язане з такими фундаментальними властивостями живого, як спадковість і мінливість (мал. 2.5).
6. **Спадковість** полягає в здатності організмів передавати свої ознаки, властивості й особливості розвитку від покоління до покоління (мал. 2.6).
7. **Мінливість** — це здатність організмів набувати нових ознак і властивостей, існувати в різних формах і варіаціях (мал. 2.7). Мінливість зумовлює різноманіття живих організмів, а це у свою чергу спричиняє появу нових форм життя.
8. Для всіх живих організмів характерні **ріст** і **розвиток**. Процес росту — це збільшення організму в розмірах і масі зі збереженням загальних рис будови. А розвиток супроводжується зміною живих об'єктів, у результаті чого виникає їх новий якісний стан (мал. 2.8).

Мал. 2.6. Спадковість

Мал. 2.7. Мінливість



а *б*

в *г*

Мал. 2.8. Розвиток комахи:
а — яйце; *б* — личинка; *в* — лялечка; *г* — доросла особина

Розвиток може бути **індивідуальним** та **історичним**. Протягом індивідуального розвитку поступово й послідовно проявляються всі властивості даного організму. Історичний розвиток супроводжується утворенням нових видів і прогресивним ускладненням живих систем.

9. **Подразливість** — невід'ємна риса, властива всьому живому. Вона виражається у реакціях живих організмів на зовнішній вплив. Реакція організмів, що не мають нервової системи (найпростіші або рослини), на вплив зовнішніх чинників виражається у зміні характеру руху або росту.
10. **Дискретність** (від латин. *discretum* — переривчастий, розділений) — важлива загальна властивість матерії. Життя на Землі проявляється у вигляді дискретних, тобто роздільних, форм.
11. Життя є **адаптивним**. Живі організми пристосовуються до різних умов існування.
12. Важливою властивістю живих систем є **авторегуляція**. Живі організми, що живуть в умовах середовища, яке постійно змінюється, можуть підтримувати сталість свого хімічного складу й інтенсивність фізіологічних процесів.

а

б

Мал. 2.9. Ритмічно проходять періоди сну (*а*) та активної діяльності (*б*)

13. Для живих систем характерна **ритмічність**. Періодичні зміни в навколишньому середовищі значно впливають на живу природу, формуючи власні ритми живих організмів, що залежать від ритмічних процесів, притаманних Сонцю, Землі, Місяцю, тобто мають космічне походження. Ритмічність спрямована на узгодження функцій організмів із навколишнім середовищем і є невід'ємною властивістю живого (мал. 2.9).

Дізнайтеся більше

Живі організми пристосовуються до будь-яких умов існування. Результати глибоководного свердління поблизу берегів острова Ньюфаундленд показали, що багато мікроорганізмів живуть на глибині до 1626 м під рівнем морського дна. Там при температурі 60—100 °C існують різноманітні термофільні бактерії.

Опорні точки

Життя — це одна з форм існування матерії, якісно вища, ніж фізична й хімічна форми її існування. Життя характеризується особливими властивостями.

Живі системи щодо навколишнього середовища є відкритими, їм притаманний обмін речовин та енергії. Для живих організмів характерна єдність хімічного складу та єдиний принцип структурної й функціональної організації. Важливими властивостями живого є спадковість, мінливість, подразливість, дискретність, ритмічність тощо. Для всіх живих організмів характерні процеси росту та розвитку.

Запитання для контролю і самоконтролю

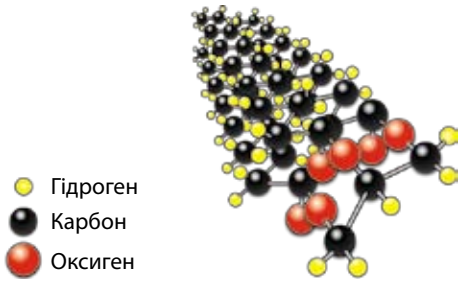
1. Перелічіть основні властивості живого.
2. Яка властивість живого пов'язана із впливом космічних тіл на живі організми?
3. Поясніть, чим відрізняються і як взаємопов'язані такі властивості живого, як ріст і розвиток.
4. Як ви вважаєте, чим відрізняються біологічні системи від об'єктів неживої природи?
5. Спробуйте дати власне визначення життя. Чому це визначення так важко сформулювати?
6. Які ознаки мають бути у невідомого об'єкта, знайденого на іншій планеті, щоб вважати його живим?

§ 3. Рівні організації живої матерії. Методи біологічних досліджень

Рівні організації живої матерії

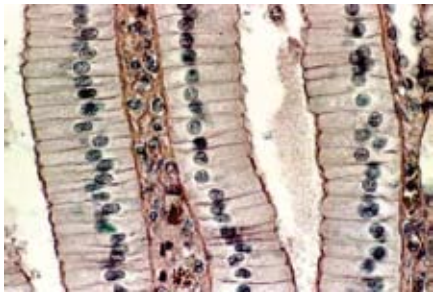
Уся жива природа побудована за ієрархічним принципом. Це означає, що для неї характерні різні рівні організації структур, між якими існує складна підпорядкованість. Життя на кожному рівні його організації вивчають відповідні галузі біології.

На **молекулярному рівні** проходить межа між живим і неживим (мал. 3.1). Молекулярний рівень живого вивчають такі науки, як біохімія, молекулярна біологія, молекулярна генетика, ензимологія тощо. Предметом дослідження цих наук є структурно-функціональні особливості молекул нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів, ліпідів та інших біологічних молекул. На цьому рівні відбуваються основні процеси життєдіяльності: обмін речовин, збереження спадкової інформації, травлення, дихання, подразливість тощо.



Мал. 3.1. Молекулярний рівень — межа між живим і неживим

Мал. 3.2. Клітинний рівень: органели клітини



Мал. 3.3. Тканинний рівень: епітеліальна тканина

Мал. 3.4. Організмовий рівень — рівень цілісного організму

Клітинний рівень організації живого вивчають такі науки, як цитологія, цитофізіологія, цитогенетика. Предметом цих наук є вивчення структурно-функціональної організації клітин, що виконують роль самостійних організмів (наприклад бактерії, одноклітинні тварини та рослини), і клітин, які входять до складу багатоклітинних організмів (мал. 3.2).

Клітини, що мають спільне походження і будову та виконують схожі функції, утворюють тканини. **Тканинний рівень** організації живого вивчає наука гістологія. Предметом гістології є вивчення структурно-функціональної організації різних типів тканин (мал. 3.3). Оскільки тканини утворюють органи, часто говорять про органно-тканинний рівень організації живого, характерний тільки для багатоклітинних організмів.

Організмовий рівень організації живого — це рівень цілісного організму. Його вивчають багато біологічних наук, наприклад анатомія, фізіологія, ембріологія, біологія розвитку тощо (мал. 3.4).

Організми утворюють біологічні системи надорганізмового рівня — популяції та види, тому виділяють **популяційно-видовий рівень** організації живого. Цей рівень вивчають такі науки, як систематика, популяційна генетика, популяційна екологія, еволюційна біологія тощо. Предметом вивчення цих наук є генетичні, екологічні й еволюційні характеристики популяцій та видів.

Існують системи надорганізмового рівня більш складні, ніж вид. Так, сукупність рослин, тварин, мікроорганізмів, які населяють ділянку суходолу або водоймищ і характеризуються певними відносинами як між собою, так і з іншими чинниками навколишнього середовища, називають біоценозом. Виділяють **біоценотичний рівень** організації живого, який вивчає наука біоценологія.

Мал. 3.5. Екосистемний рівень: поєднання організмів та середовища їхнього життя з усіма його чинниками

Мал. 3.6. Біосферний рівень — найвищий рівень організації життя

Екосистемний рівень організації живого ще складніший. Екосистема — це сукупність організмів різних видів та різної складності організації з усіма чинниками конкретного середовища їхнього життя: компонентами атмосфери, гідросфери та літосфери. Екосистема об'єднує живі і неживі компоненти у єдиний природний комплекс (мал. 3.5).

Біосферний рівень організації живого — це найвищий рівень організації життя на нашій планеті. Біосфера — оболонка Землі, яка заселена живими організмами і перебуває під їхнім впливом; це глобальна екосистема Землі (мал. 3.6). Наука, що вивчає виникнення, еволюцію, структуру та механізми функціонування біосфери, називається біосферологією. У її основі лежить учення В. І. Вернадського про біосферу.

Але не слід забувати про те, що природа не знає нашого поділу на науки, вона єдина, тож рівні організації живого тісно пов'язані між собою.

Методи біологічних досліджень

Біологія вивчає живі системи за допомогою різноманітних методів. Головними є описовий, порівняльний, експериментальний, історичний, статистичний методи та метод моделювання.

Описовий метод ґрунтується на спостереженні, що дає можливість аналізувати й описувати особливості біологічних систем. Щоб з'ясувати сутність того чи іншого біологічного явища, необхідно зібрати фактичний матеріал та описати його (мал. 3.7). Збирання й опис фактів були основним методом дослідження у ранній період розвитку біології, проте він не втратив свого значення й дотепер, набувши поширення в зоології, ботаніці, екології, етології та інших біологічних науках.

Мал. 3.7. Спостереження — основа описового методу

Мал. 3.8. Проведення експериментів — головний метод біологічних досліджень

Порівняльний метод дозволяє шляхом зіставлення вивчати подібність і відмінність організмів та їхніх частин. Завдяки порівняльному методу виникла систематика, клітинна теорія, розвивалися еволюційні погляди. Існує порівняльна анатомія, порівняльна ембріологія, порівняльна фізіологія та багато інших напрямків біології, що використовують цей метод вивчення живого.

Експериментальний метод дослідження явищ природи пов'язаний з активним впливом на них шляхом проведення дослідів (експериментів) у контрольованих умовах. Цей метод дозволяє вивчати явища ізольовано і досягати повторюваності результатів при відтворенні тих самих умов. Експеримент забезпечує більш глибоке, ніж інші методи дослідження, розкриття сутності біологічних явищ. Саме завдяки експериментам природознавство в цілому та біологія зокрема дійшли до відкриття основних законів природи.

Експериментальний метод служить не лише для проведення дослідів, отримання відповідей на поставлені запитання, а й для доведення правильності прийнятої на початку гіпотези або дозволяє скоригувати її (мал. 3.8).

Історичний метод дослідження явищ природи з'ясовує закономірності появи та розвитку біологічних систем, становлення їх структури та функцій.

Статистичний метод дослідження явищ природи ґрунтується на збиранні, вимірюванні й аналізі інформації.

Метод моделювання являє собою вивчення певного процесу чи явища через відтворення його (або його властивостей) у вигляді моделі.

Зазначені методи не вичерпують усього арсеналу методів, використовуваних біологією. Кожна біологічна наука має власні методи для вивчення свого предмета. Наприклад, цитологія застосовує метод світлової мікроскопії та інші цітологічні методи.

Наука — практиці

За допомогою генетичних експериментальних методів було отримано генетично модифікований бавовник, що виробляє шкідливий для комах білок. Це призвело до значного зменшення популяції бавовняної совки — небезпечного шкідника багатьох сільськогосподарських культур. У результаті виграли не лише виробники бавовни, а й селяни, які вирощують сою, кукурудзу, арахіс та різні овочі.

Опорні точки

В основі будови всієї живої природи лежить ієрархічний принцип. Для неї є характерними різні рівні організації живого, між якими існує складна підпорядкованість. Рівнями організації живого є молекулярний, клітинний, тканинний, організмовий, популяційно-видовий, біоценотичний, екосистемний та біосферний.

Головні методи вивчення живої природи: описовий, порівняльний, експериментальний, історичний, статистичний та метод моделювання.

Запитання для контролю і самоконтролю

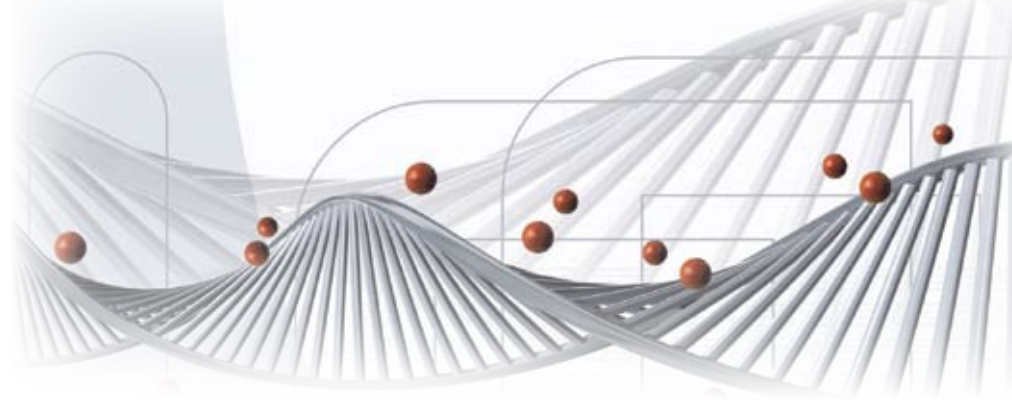
1. Які рівні організації живого ви знаєте?
2. Які науки вивчають молекулярний рівень живого?
3. Які науки вивчають популяційно-видовий рівень організації живого?
4. Що є предметом вивчення цитології, цитофізіології, цитогенетики?
5. Поясніть, що є спільного та відмінного в описовому та експериментальному методах вивчення живої природи.
6. Який рівень організації живого є найвищим на нашій планеті? Доведіть.

Теми для проектної і групової роботи

1. Видатні вчені-біологи України (на вибір учнів).
2. Сучасні методи біологічних досліджень (на вибір учнів).
3. Значення біологічної науки в житті людини та суспільства.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Збір інформації за темою проекту.
5. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).



РОЗДІЛ І. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неорганічні речовини

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- елементний склад живих організмів;
- роль неорганічних речовин у життєдіяльності організмів.

Навчитеся:

- характеризувати хімічні елементи, найважливіші для організму людини;
- пояснювати причини ендемічних та екологічних захворювань;
- застосовувати знання для профілактики захворювань, що виникають через нестачу або надлишок деяких хімічних елементів.

§ 4. Елементний склад живих організмів. Хімічні елементи в живій і неживій природі

Елементний склад живих організмів

Відомо, що до складу клітини входять понад 70 хімічних елементів, але яких-небудь спеціальних елементів, характерних лише для живих організмів, не знайдено. Однак лише щодо 27 елементів достовірно відомо, що вони виконують певні біологічні функції.

Деякі організми інтенсивно накопичують ті чи інші хімічні елементи. Так, деякі морські водорості можуть накопичувати Йод, ряска — Радій, діатомові водорості й злаки — Силіцій, молюски та ракоподібні — Купрум, хребетні — Ферум, деякі бактерії — Манган (мал. 4.1).

Мал. 4.1. Живі організми здатні накопичувати окремі елементи: деякі водорості — Йод, ряска — Радій

Елементний склад живих організмів та об'єктів неживої природи різний (табл. 1). У земній корі в найбільшій кількості містяться чотири елементи: Оксиген, Силіцій, Алюміній і Ферум. А в живих організмах у найбільшій кількості містяться такі елементи, як Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген. Саме ці елементи становлять основу тих хімічних сполук, що виконують важливі біологічні функції.

Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген називають органогенами, або **органогенними елементами**.

Таблиця 1

Вміст деяких хімічних елементів у земній корі й організмі людини (% від загальної кількості атомів)

Земна кора		Організм людини	
Хімічний елемент	**Вміст, %**	**Хімічний елемент**	**Вміст, %**
O	47	H	63
Si	28	O	25,5
Al	7,9	C	9,5
Fe	4,5	N	1,4
Ca	3,5	Ca	0,31
Na	2,5	P	0,22
K	2,5	Cl	0,08
Mg	2,5	K	0,06

Макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи

Хімічні елементи, що входять до складу живих організмів і виконують біологічні функції, називають **біогенними**. За кількісним складом їх поділяють на три групи: макроелементи, мікроелементи та ультрамікроелементи.

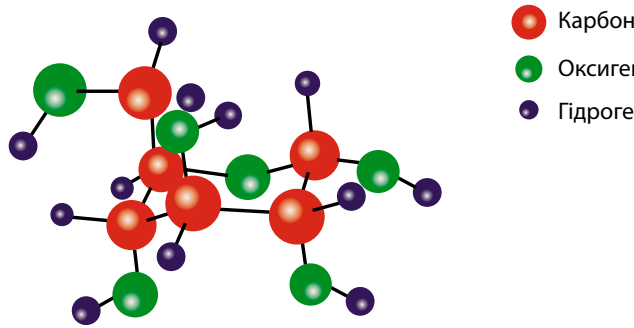
Макроелементи (вміст понад 0,01 %) становлять основну масу сухої речовини організму. Вони беруть участь в утворенні органічних сполук і неорганічних речовин у живих організмах. Це Оксиген, Гідроген, Карбон, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Калій, Кальцій, Магній, Натрій, Хлор. **Органічними** називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг з ковалентно зв'язаних атомів Карбону, який може мати різну просторову структуру (мал. 4.2).

Мікроелементи — переважно йони важких металів, що входять до складу життєво важливих речовин, в організмах містяться в дуже незначних кількостях: від 0,001 до 0,000001 %. Це, наприклад, Ферум, Бор, Кобальт, Купрум, Цинк, Йод, Бром, Ванадій.

Концентрація **ультрамікроелементів** у живому організмі не перевищує 0,000001 %, їхня фізіологічна роль в організмах рослин і тварин остаточно не визначена. До цієї групи належать Уран, Радій, Аурум, Аргентум, Берилій, Цезій, Селен і багато інших.

Пригадайте

Хімічний зв'язок, який виникає в результаті утворення спільних електронних пар, називають ковалентним.



Мал. 4.2. Модель молекули глюкози

Роль хімічних елементів, що входять до складу живих організмів

Хімічні елементи можуть виконувати різноманітні біологічні функції або в складі органічних і неорганічних сполук, або у вигляді аніонів і катіонів (табл. 2).

Пригадайте

Йони — це заряджені частинки речовини, які утворюються з атомів чи груп атомів у результаті віддачі або приєднання електронів. Аніони — негативно заряджені йони (OH^-, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} та інші). Катіони — позитивно заряджені йони (H^+, Na^+, NH_4^+ та інші).

Таблиця 2

Біологічне значення деяких елементів

Елемент, йон	Біологічне значення
P	Входить до складу нуклеїнових кислот, АТФ, ферментів, кісткової тканини й емалі зубів
Ca^{2+}	У рослин входить до складу оболонки клітини, у тварин — до складу кісток і зубів, активізує зсідання крові
K^+	Зумовлює проведення нервових імпульсів; активізує ферменти білкового синтезу, процеси фотосинтезу
Cl^-	Є компонентом шлункового соку у вигляді хлоридної кислоти, активізує ферменти
Na^+	Забезпечує проведення нервових імпульсів, підтримує осмотичний тиск у клітині, стимулює синтез гормонів
Mg^{2+}	Входить до складу молекули хлорофілу, міститься в кістках і зубах, активізує синтез ДНК, енергетичний обмін (мал. 4.3)
I^-	Входить до складу гормонів щитоподібної залози, впливає на обмін речовин
Fe^{3+}	Входить до складу гемоглобіну, міоглобіну, кришталика та рогівки ока, бере участь у синтезі хлорофілу; забезпечує транспортування кисню до тканин та органів (мал. 4.3)
Cu^{2+}	Бере участь у процесах творення крові, фотосинтезу, каталізує внутрішньоклітинні окисні процеси
Mn	Підвищує врожайність рослин, активізує процес фотосинтезу, впливає на процеси творення крові
F	Входить до складу емалі зубів (через його нестачу розвивається карієс, через надлишок — флуороз)

Дізнайтеся більше

Осмотичний тиск — це сила, що діє на напівпроникну мембрану, яка розділяє два розчини з різною концентрацією розчинених речовин, і спрямована від більш концентрованого до більш розведеного розчину.

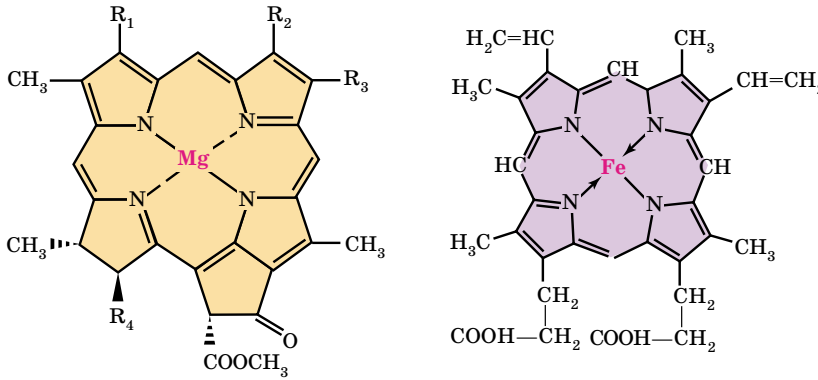
Ступінь важливості та необхідності того чи іншого елемента не визначається його кількісним вмістом в організмі. Мікроелементи, що входять до складу важливих сполук, теж є життєво необхідними. Кобальт, наприклад, входить до складу вітаміну B_{12}, Йод — до складу гормона тироксину, а Купрум — до складу ферментів, що каталізують окисно-відновні процеси в організмах. Значна кількість ферментів містить йони Цинку, Мангану, Кобальту й Молібдену.

Опорні точки

Елементний склад живих організмів та об'єктів неживої природи різний. Хімічні елементи, що входять до складу живих організмів і виконують біологічні функції, називають біогенними.

У живих організмах у найбільшій кількості містяться чотири елементи: Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген. Їх називають органогенами, або органогенними елементами. Найважливішим для формування структури органічних сполук є Карбон.

Хімічні елементи можуть виконувати різні біологічні функції або в складі органічних і неорганічних сполук, або у вигляді катіонів і аніонів.



Мал. 4.3. До складу молекули хлорофілу входить Магній, молекули гемоглобіну — Ферум

Запитання для контролю і самоконтролю

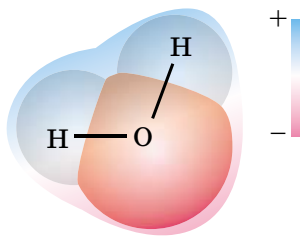
1. Чому деякі елементи називаються біогенними, органогенними?
2. Які хімічні елементи входять до складу живих організмів?
3. Як відрізняється елементний склад організмів від елементного складу об'єктів неживої природи?
4. Які функції виконують мікроелементи?
5. За яким критерієм елементи поділяються на три групи: макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи?
6. Завдяки яким властивостям органогенні елементи можуть бути у складі тих хімічних сполук, що становлять основу життя?
7. Чи важлива кількість того чи іншого хімічного елемента для живих істот? Чому?

§ 5. Вода. Особливості молекули води. Роль води в життєдіяльності організмів

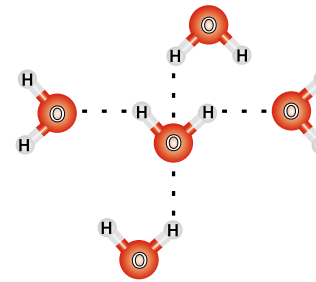
Особливості молекули води

Молекула води (мал. 5.1) містить один атом Оксигену та два атоми Гідрогену. Хімічний зв'язок у ній ковалентний полярний. Оскільки Оксиген активно притягує до себе електрони, що належать атомам Гідрогену, то в ділянці атомів Гідрогену формується невеликий позитивний, а в ділянці атома Оксигену — невеликий негативний заряд.

Завдяки цьому кожна молекула води є диполем і може взаємодіяти з іншими молекулами води, утворюючи водневі зв'язки (мал. 5.2.). Вода має відносно високу температуру кипіння, плавлення й пароутворення, оскільки необхідно витратити додаткову енергію на розривання водневих зв'язків.



Мал. 5.1. Молекула води є диполем



Мал. 5.2. Водневий зв'язок між молекулами води

Пригадайте

Диполь — це молекула, що має однакові за величиною та протилежні за знаком заряди, які розташовані на відстані один від одного.

Оскільки молекула води є диполем, вона може орієнтуватися в електричному полі, приєднуватися до різних молекул і ділянок молекул, що несуть заряд. У результаті цього утворюються гідрати.

Пригадайте

Завдяки полярності молекули води можуть притягуватись одна до одної, тому що між негативним зарядом на атомі Оксигену однієї молекули та позитивним зарядом на атомі Гідрогену іншої молекули виникають сили електричної взаємодії. Такий тип зв'язку називають водневим. Водневий зв'язок набагато слабший за ковалентний.

Додаткові характеристики води[*1]

Вода в клітині перебуває у двох формах: вільній та зв'язаній. **Вільна вода** становить 96 % усієї води в клітині та використовується переважно як розчинник. **Зв'язана вода**, на частку якої припадає приблизно 4 % усієї води клітини, неміцно з'єднана з білками водневими зв'язками.

Усі речовини клітини поділяються на дві групи: **гідрофільні** («ті, що люблять воду») та **гідрофобні** («ті, що бояться води») (від грец. *hydro* — вода, *phileō* — любити, *phobos* — боязнь).

До гідрофільних належать речовини, які мають високу розчинність у воді. Це солі, цукри, амінокислоти. Гідрофобні речовини, навпаки, у воді практично нерозчинні. До них належать, наприклад, жири. А існують речовини, яким притаманні **гідрофільно-гідрофобні**, або **амфіфільні**, властивості.

Амфіфільність — це властивість молекул речовин, яка полягає у тому, що одна їх частина є гідрофільною, а друга — гідрофобною. До амфіфільних речовин належать, наприклад, фосфоліпіди. Білки також мають амфіфільні властивості, оскільки зазвичай до їх складу входять амінокислоти з гідрофільними та гідрофобними радикалами. За рахунок амфіфільних властивостей фосфоліпідів під час взаємодії з водою вони формують біліпідні шари. Амфіфільність білків впливає на утворення ними третинної та четвертинної структур молекул.

[1] Тут і далі підрозділи, позначені зірочкою *, є обов'язковими для вивчення лише за програмою академічного рівня.

Роль води в життєдіяльності організмів

Завдяки своїй незвичайній структурі вода виконує в живих системах безліч функцій. Вона є переважною сполукою в клітині й необхідна для обміну речовин, оскільки є середовищем для перебігу хімічних реакцій.

Вміст води в різних тканинах варіюється залежно від активності обміну речовин у них. Так, у клітинах мозку вода становить до 80 % їх маси, а в клітинах кісток — до 20 %. В організмі людей похилого віку вміст води в клітинах знижується.

Функції води

1. Метаболічна функція. Вода є полярним розчинником, середовищем для біохімічних реакцій, кінцевим продуктом багатьох біохімічних реакцій.

Речовини, розчинні у воді, називаються гідрофільними, а нерозчинні у воді — гідрофобними.

2. Транспортна функція. Вода забезпечує перенесення молекул усередині клітини, з однієї клітини до іншої. Вона є головним компонентом транспортної системи рослин і внутрішнього середовища тварин.

3. Терморегуляторна функція. Вода забезпечує рівномірний розподіл тепла всередині організму, а під час потовиділення у тварин і транспірації у рослин охолоджує організм.

4. Вода як реагент*. Біологічне значення води визначається також тим, що вона сама може виступати як реагент, тобто брати участь у хімічних реакціях. Вода використовується, наприклад, як джерело водню в процесі фотосинтезу.

Дізнайтеся більше

Охолодження організму тварини відбувається в процесі випаровування під час потовиділення. Деякі рептилії, наприклад крокодили, під пекучим сонцем лежать із відкритим ротом.

Для багатьох рослин вологих тропічних лісів звичайним явищем є гутація, яка часто спостерігається на кінчиках листків молодих рослин. Гутація (від латин. *gutta* — крапля) — це процес виведення зайвої води у вигляді крапель рідини на поверхні рослини.

5. Механічна функція. Вода практично не стискається, що є дуже важливим для надання форми соковитим органам і тканинам. У рослин вода зумовлює тургор клітин, а в деяких тварин, наприклад у круглих і кільчастих червів та голкошкірих, виконує опорні функції як гідростатичний скелет.

Пригадайте

Тургор (від латин. *turgere* — бути набухлим, наповненим) — напружений стан клітинної оболонки, який залежить від тиску внутрішньоклітинної рідини.

6. Деякі інші функції. Вода в організмі — складник змащувальних рідин (синовіальної — у суглобах хребетних, плевральної — у плевральній порожнині, перикардіальної — у навколосерцевій сумці). Вона також входить до складу жовчі, слини та слизів, що полегшують пересування речовин кишечником, створюють вологе середовище на слизових оболонках дихальних шляхів.

Дізнайтеся більше

Для води характерний високий поверхневий натяг. Ця властивість має важливе значення для пересування розчинів тканинами (кровообіг, висхідний та спадний токи в рослинах). Багатьом дрібним організмам поверхневий натяг дозволяє утримуватися на воді або ковзати її поверхнею.

Водомір, що використовує поверхневий натяг води

Опорні точки

Роль води в життєдіяльності організмів визначається її унікальними хімічними та фізичними властивостями, пов'язаними передусім із полярністю молекули, її малими розмірами і здатністю утворювати водневі зв'язки.

Вода є найкращим розчинником із відомих рідин та основним середовищем, де відбуваються хімічні реакції. Крім того, вона сама безпосередньо бере участь у хімічних реакціях, що відбуваються в організмах. Це ідеальна рідина для підтримування теплової рівноваги організму. Вода може виконувати функцію гідростатичного скелета, є основним засобом пересування речовин в організмі та сере-довищем життя для багатьох організмів.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які біологічні функції виконує вода?
2. Чи може вода сама виступати як реагент?
3. Як живі організми використовують високий поверхневий натяг води?
4. Чим визначається роль води в клітині?
5. Як властивості води пов'язані з структурою її молекули?
6. Яке значення для живих організмів має висока теплоємність води?

§ 6. Неорганічні речовини в клітині. Роль неорганічних речовин у життєдіяльності організмів

Біологічна роль кисню

Не тільки вода, але й інші неорганічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності клітин і цілого організму. Так, в енергетиці більшості живих істот важливу роль відіграє кисень. Він є окисником поживних речовин у процесі дихання тварин, рослин, грибів і багатьох бактерій, під час якого виділяється енергія, необхідна для життєдіяльності організмів. Без кисню можуть існувати лише порівняно нечисленні види, що живуть у безкисневих умовах і поповнюють свої енергетичні потреби за рахунок бродіння.

Кисень може бути шкідливим для живого організму, якщо він є окисником ДНК та інших життєво важливих компонентів. Тому клітини мають систему захисту від його шкідливої дії.

Пригадайте

Бродіння — це анаеробний розпад молекул (найчастіше це глюкоза) за участю мікроорганізмів. Бродіння використовують, наприклад, у виробництві кефіру.

Аеробні організми, або **аероби** (від грец. *aer* — повітря і *bios* — життя), — це організми, здатні жити й розвиватися лише за наявності в середовищі вільного кисню, який вони використовують як окисник. До аеробних організмів належать усі рослини, більшість найпростіших і багатоклітинних тварин, майже всі гриби, частина бактерій, тобто переважна більшість відомих видів живих істот (мал. 6.1).

Анаеробні організми, або **анаероби**, — це організми, що одержують енергію за відсутності доступу кисню шляхом прискореного, але неповного розщеплення поживних речовин. До анаеробів належать група прокаріотів, деякі найпростіші, більшість гельмінтів (мал. 6.2).

Мал. 6.1. Аеробні організми: рослини, тварини, гриби, бактерії

*Біологічна роль йонів**

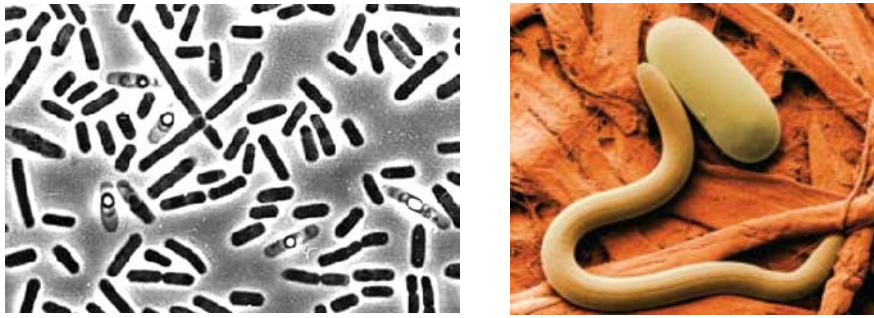
Різниця між кількістю йонів на поверхні та всередині клітини забезпечує виникнення нервового та м'язового збудження, перенесення речовин через мембрану, перетворення енергії.

Аніони ортофосфатної кислоти створюють фосфатну буферну систему, що підтримує pH внутрішньоклітинного середовища організму на рівні 6,9.

Пригадайте

pH — показник, що характеризує кислотність розчину.
Буферні системи — це розчини хімічних сполук, що підтримують певну концентрацію йонів гідрогену H^+, тобто певну кислотність середовища.

Карбонатна кислота та її аніони формують бікарбонатну буферну систему, що підтримує pH позаклітинного середовища (плазма крові) на рівні 7,4.



Мал. 6.2. Анаеробні організми: деякі бактерії та гельмінти

Йони Кальцію та Магнію є активаторами багатьох ферментів, через їх нестачу порушуються життєво важливі процеси в клітинах. Деякі йони беруть участь у створенні осмотичного тиску в клітині, у процесах м'язового скорочення, зсідання крові.

Біологічна роль солей

Важливу роль у життєдіяльності клітини відіграють мінеральні солі, молекули яких у водному розчині розпадаються на катіони й аніони.

Найбільше значення мають солі, що утворюють катіони K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+ й аніони Cl^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{2-}.

Ряд катіонів і аніонів необхідний для синтезу важливих органічних речовин.

Залишки ортофосфатної кислоти, приєднуючись до ряду білків клітини, змінюють їхню фізіологічну активність. Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді чужорідних речовин, надають їм розчинності та сприяють виведенню їх із клітин та організму.

Неорганічні натрієві й калієві солі нітратної та ортофосфатної кислот, кальцієва сіль сульфатної кислоти є важливими складовими мінерального живлення рослин, тому їх вносять у ґрунт як добрива для підживлення рослин.

Від солей значною мірою залежать надходження води до клітини та буферні властивості клітин і тканин. Якщо концентрація солей у клітині вища, ніж у середовищі, то вода буде надходити у клітину.

У клітині, за умови її нормального функціонування, підтримується чітко визначений якісний та кількісний склад солей. Підвищення вмісту йонів Калію, наприклад, спричиняє токсичний вплив на серцевий м'яз. Відкладення Кальцію в кістках можливе лише за умови присутності йонів Фосфору, коли співвідношення Кальцію та Фосфору становить 2 : 1, а відкладання Фосфору можливе лише за умови присутності вітаміну D.

Хлоридна кислота створює кисле середовище у шлунку тварин і людини й у спеціальних органах комахоїдних рослин, прискорюючи перетравлення білків їжі.

Луги — гідроксиди лужних і лужноземельних металів і амонію — теж відіграють важливу біологічну роль, тому що під час дисоціації утворюють йони OH^- та йон відповідного металу.

Опорні точки

Неорганічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності клітини та цілого організму.

Кисень є окисником поживних речовин під час дихання тварин, рослин, грибів і бактерій.

Із неорганічних солей найбільше значення мають солі, що утворюють катіони K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+ й аніони Cl^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{2-}.

Йони беруть участь у виникненні нервового та м'язового збудження, активному перенесенні речовин крізь мембрану, перетворенні енергії, створенні буферних систем, активації ферментів, створенні осмотичного тиску в клітині й інших життєво важливих процесах.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Яку роль відіграє кисень у живих організмах?
2. Чи є організми, які можуть існувати в безкисневому середовищі?
3. Чи може кисень бути шкідливим для живого організму? Чому?
4. Як підвищення вмісту йонів Калію впливає на серцевий м'яз?
5. Які аніони мають найбільше значення для клітини?
6. Які катіони мають найбільше значення для клітини?
7. Яку біологічну роль відіграє різниця концентрації йонів по різні боки мембрани?
8. Яку біологічну роль відіграють буферні системи?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1*

Тема. Визначення вмісту води у власному організмі

Мета: визначити вміст води у власному організмі.
Обладнання та матеріали: підлогові ваги.

Інформація до практичної роботи

Людина приблизно на 65 % складається з води. Ембріон складається з води на 97 %. З віком вміст води в організмі зменшується. В організмі дорослої людини з масою тіла 70 кг у середньому міститься 42 л води.

Різні тканини організму містять різну кількість води. Найбагатша на воду тканина — склоподібне тіло ока, що містить 99 % води, найбідніша — зубна емаль, у ній води лише 0,2 %. Багато води міститься в речовині мозку.

Хід роботи

1. Визначте свою масу за допомогою підлогових ваг.
2. Визначте масову частку води у вашому організмі, склавши пропорцію:

ваша маса тіла, кг — 100 %,
маса води x кг — 65 %.

Тоді x = (ваша маса тіла × 65) : 100.

3. Зробіть висновок.

§ 7. Контроль хімічного складу води та їжі людини

Хімічний склад води

Хімічний склад води — це сукупність речовин, що містяться у воді в різних хімічних та фізичних станах. Тривале використання питної води з порушенням гігієнічних норм щодо її хімічного складу спричиняє розвиток у людини різних захворювань.

Наприклад, Плюмбум відкладається у кістках, призводить до змін у центральній нервовій системі, крові, шлунково-кишковому тракті, а також до порушення обміну речовин, «пригнічення» багатьох ферментів і гормонів. Навіть невелика його кількість у воді чи їжі спричиняє ураження нирок. Алюміній паралізує нервову й імунну системи, особливо сильно впливає на дитячий організм, сприяє розвиткові хвороби Альцгеймера. Хвороба Альцгеймера — це тяжке захворювання головного мозку, що виявляється прогресуючим зниженням інтелекту. Уперше описане німецьким лікарем А. Альцгеймером у 1907 р.

Підвищення концентрації Купруму в питній воді призводить до враження слизових оболонок нирок та печінки, Ніколу — до ураження шкіри, Цинку — нирок, Арсену — центральної нервової системи.

Підвищення вмісту Флуору несприятливо впливає на кісткову, нервову та ферментативну системи організму, зумовлює ураження зубів — флюороз (на зубах з'являються білі та жовті плями, ділянки руйнування емалі). Натомість нестача вмісту Флуору (менш ніж 0,5 мг/л) спричиняє карієс — патологічний процес, при якому відбувається демінералізація і розм'якшення твердих тканин зуба з подальшим утворенням порожнини (мал. 7.1).

а *б*

Мал. 7.1. Захворювання зубів: карієс, спричинений нестачею вмісту Флуору (*а*); флюороз, спричинений підвищеним вмістом Флуору (*б*)

У природних водах мають міститися і мікроелементи, наприклад Флуор, Йод, Молібден, Селен, і макроелементи, наприклад Натрій, Кальцій, Фосфор. Але надлишкове або недостатнє надходження їх до організму людини спричиняє фізіологічні відхилення або патологічні зміни.

Хімічний склад їжі

Необхідно контролювати також **хімічний склад їжі**. Основними поживними речовинами, необхідними для поповнення енергетичних витрат, побудови та відновлення тканин, є білки, жири та вуглеводи.

За умови раціонального харчування **білки** мають становити 11—13 % добової калорійності раціону людини. Білки, що містяться в різних продуктах харчування, не рівноцінні для організму. Білки тваринного походження не лише самі добре засвоюються організмом, а й сприяють засвоєнню білків рослинного походження. Слід ураховувати не лише сумарну кількість білків, а й їхню якість: до раціону людини має входити не менш ніж половина білків тваринного походження.

Жири — це пластичний матеріал і джерело енергії в організмі. За нормальних умов середня потреба дорослої людини в жирах становить 80—100 г на добу, або 33 % добової енергетичної цінності раціону. Але потреба в жирах змінюється залежно від кліматичних умов: у північній кліматичній зоні вона визначена в розмірі 38—40 % калорійності раціону, в середній зоні — 33 %, а в південній — 27—28 %.

Вуглеводи — основне джерело енергії, і тому їх уживають приблизно в чотири рази більше, ніж білків та жирів. За умови раціонального харчування на частку вуглеводів припадає близько 55 % добової калорійності раціону.

Вітаміни й мінеральні речовини разом із білками, жирами й вуглеводами є необхідною частиною харчування. Забезпечити повністю потреби організму в усіх необхідних вітамінах, ураховуючи лише їх природний вміст у продуктах харчування, дуже важко, а часто й не-

можливо, тож необхідне спеціальне збагачення продуктів харчування вітамінами.

У сучасних умовах контролювати хімічний склад їжі необхідно ще й тому, що існує проблема радіоактивного та хімічного забруднення продуктів харчування. Наприклад, надлишок нітрогеновмісних добрив або отрутохімікатів призводить до зниження якості рослинної продукції, оскільки в ній накопичуються сполуки Нітрогену й отрути. Уживання такої їжі може спричинити в людини серйозне отруєння і навіть смерть.

Оскільки рослини можуть накопичувати в собі практично всі шкідливі речовини, особливо небезпечною є сільськогосподарська продукція, що вирощується поблизу промислових підприємств і великих автошляхів.

Харчові добавки

Харчові добавки — це хімічні речовини, які додають до продуктів харчування для поліпшення смаку, підвищення поживної цінності або запобігання псуванню продуктів під час зберігання.

Поживні добавки містять жири, вуглеводи, білки та клітковину, а також майже всі мікроелементи та вітаміни. Вони покращують якісний склад їжі.

Консерванти призначені для того, щоб протягом тривалого часу зберігати продукти харчування придатними до споживання. Вони містять речовини, що вбивають шкідливі мікроорганізми або не дають їм розмножуватися. З давніх часів люди використовували з цією метою сіль, цукор, кислоти та дим, у якому продукти коптили. Для консервування фруктів та овочів використовують натрій бензоат та калій бензоат. Багато продуктів консервують за допомогою оцтової кислоти (оцту) (мал. 7.2).

Мал. 7.2. Консерванти допомагають зберігати продукти харчування

Мал. 7.3. Прянощі та спеції допомагають змінити смак їжі

Прянощі допомагають змінити смак їжі. Природні прянощі мають дуже непростий склад, але більшість прянощів, якими користуються сьогодні, на жаль, складаються із синтетичних речовин (мал. 7.3).

Барвники надають продуктам, що пройшли обробку, більш привабливого вигляду. Їх поділяють на дві групи: природні та синтетичні. Краще, звичайно, використовувати природні барвники.

Часто фірми-виробники продуктів харчування пропонують свої харчові добавки, наголошуючи, що вони можуть сприяти схудненню, профілактиці певних захворювань, навіть їх лікуванню. **Застосовувати ці харчові добавки можна лише після консультації з лікарем, якому добре відомий стан здоров'я людини. Для підлітка, який харчується раціонально, такі харчові добавки не потрібні.**

Про наявність харчових добавок у продуктах можна дізнатися з інформації, що міститься на етикетці. Вони позначаються літерою «Е» та трицифровим числом, наприклад: Е 220, Е 451, Е 103.

Дізнайтеся більше

Барвник тартразин, який додають до кондитерських виробів, цукерок, морозива, напоїв, може спричинити харчову алергію. Червоний барвник Red 2G, який використовують у виробництві для приготування дешевих сосисок, може зумовити онкологічні захворювання. Аспартам — синтетичний замінник цукру, який використовують для виготовлення жувальної гумки, — може негативно впливати на психіку.

Причини ендемічних захворювань людини та їх профілактика

Ендемічними називають хвороби, які постійно реєструються серед населення на певній території. Ендемічне захворювання пов'язане з браком або надлишком вмісту певного хімічного елемента в середовищі.

Наприклад, через надлишок Флуору виникає флюороз, Купруму — зміни в нервовій та кровоносній системі, Молібдену — ендемічна подагра, через брак йоду в їжі — ендемічний зоб (збільшення розмірів щитоподібної залози) (мал. 7.4).

Профілактика захворювань людини, що виникають через брак або надлишок хімічних елементів, здійснюється або шляхом додавання елемента, якого бракує, до їжі, або шляхом корегування харчового раціону для зменшення вмісту надлишкового елемента. Наприклад, при йододефіциті використовують йодовану сіль.

Мал. 7.4. Йододефіцитний зоб необхідно вчасно виявляти і лікувати

Рекомендації щодо профілактики ендемічних захворювань складають з урахуванням місця проживання, клімату, пори року, особливостей національної кухні, соціального стану, стану здоров'я та індивідуальних фізіологічних особливостей людини.

Гранично допустимі концентрації речовин у складі води, їжі, засобів побутової хімії, косметичних препаратів тощо

Гранично допустима концентрація (ГДК) — це затверджений на законодавчому рівні санітарно-гігієнічний норматив, що передбачає максимальну концентрацію шкідливої речовини, яка за певний час впливу не шкодить здоров'ю людини та її потомству. Розроблено ГДК для повітря, продуктів харчування, питної води, води водойм, стічних вод, ґрунту.

Санітарно-гігієнічне нормування забруднення продуктів харчування стосується передусім хімічних забруднювачів продуктів харчування:

— металічних елементів (Меркурій, Плюмбум, Хром, Арсен, Кадмій, Кобальт, Станум, Нікол);
— пестицидів та продуктів їх метаболізму;
— нітратів, нітритів, поліциклічних ароматичних сполук, стимуляторів росту сільськогосподарських тварин;
— радіоізотопів (найбільшу небезпеку для здоров'я становлять Стронцій-90 та Цезій-137).

Норми вживання води людиною в різних умовах навколишнього середовища

Існують норми вживання води в різних умовах навколишнього середовища. Питна вода до організму людини має надходити регулярно й у певній кількості. Для здоров'я людини шкідливим є як недостатнє,

так і надлишкове водовживання. Недостатнє вживання води може призвести до зменшення маси тіла, підвищення температури, підвищення в'язкості крові, прискорення пульсу та дихання, появи спраги та відчуття нудоти. Надлишкове пиття порушує процес травлення, створює додаткове навантаження на серцево-судинну систему та нирки, призводить до збільшення виділення необхідних організму речовин.

Норма вживання води залежить від багатьох параметрів, таких як кліматичні умови, температура повітря, вологість, індивідуальні особливості людини, характер виконуваної нею роботи та багатьох інших. При цьому питна вода має бути чистою й містити в необхідній кількості мінеральні речовини.

Опорні точки

Для збереження здоров'я необхідно контролювати хімічний склад води та їжі. Через брак або надлишок вмісту якогось хімічного елемента в середовищі можуть виникнути ендемічні захворювання. Профілактика таких захворювань здійснюється або шляхом додавання елемента, якого замало, до їжі, або шляхом корегування раціону харчування задля зменшення вмісту надлишкового елемента.

Для деяких речовин затверджено гранично допустимі концентрації (ГДК) у повітрі, продуктах харчування, воді, побутовій хімії, косметиці.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому необхідно контролювати хімічний склад питної води та продуктів харчування?
2. Що таке харчові добавки?
3. Що таке гранично допустима концентрація (ГДК)?
4. Що таке ендемічні захворювання?
5. Яким має бути хімічний склад їжі? Унаслідок чого може відбуватися хімічне забруднення їжі?
6. Для чого було введено норматив ГДК?
7. Чому необхідно контролювати вміст харчових добавок у продуктах?
8. У чому полягають причини ендемічних захворювань людини? Як здійснюється профілактика ендемічних захворювань?

Теми для проектної і групової роботи

1. Здійснення контролю хімічного складу води та їжі людини.
2. Причини виникнення ендемічних захворювань людини.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тема 2. Органічні речовини

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- малі органічні молекули, макромолекули (полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти), їхню будову, властивості та функції.

Навчитеся:

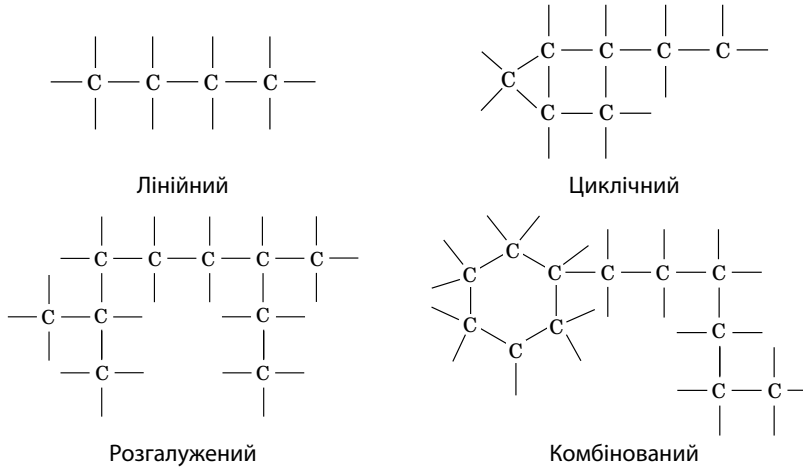
- пояснювати взаємозв'язок будови органічних речовин з їхніми функціями;
- розв'язувати вправи з транскрипції та реплікації;
- застосовувати знання для безпечного використання засобів побутової хімії, біодобавок, медичних препаратів.

§ 8. Структура та функції вуглеводів

Органічні речовини

Органічними називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг, який утворений ковалентно зв'язаними атомами Карбону і може мати різну просторову структуру. Такі сполуки утворюються завдяки здатності атомів Карбону формувати між собою одинарні, подвійні й потрійні зв'язки.

Скелет органічних сполук може бути лінійним, розгалуженим, циклічним і комбінованим, тобто включати всі три попередні варіанти (мал. 8.1).



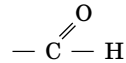
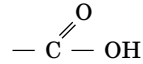
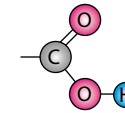
Мал. 8.1. Карбонові скелети

Завдяки неймовірній різноманітності можливих варіантів карбонового скелета органічні сполуки теж є дуже різноманітними.

Різноманітність органічних сполук забезпечується також різними функціональними групами, що входять до їх складу. Саме функціональні групи (табл. 3) надають органічним сполукам характерних особливостей, визначаючи їхній «характер».

Таблиця 3

Основні функціональні групи

Функціональна група	Структурна формула
Гідроксильна	— OH
Карбонільна:	
Альдегідна	
Кетонна	
Карбоксильна	 
Аміногрупа	

Значення органічних речовин для живих організмів важко переоцінити, оскільки саме вони забезпечують перебіг усіх процесів життєдіяльності.

Вуглеводи

Вуглеводи — це органічні речовини, до складу яких входять Карбон, Оксиген і Гідроген.

Дізнайтеся більше

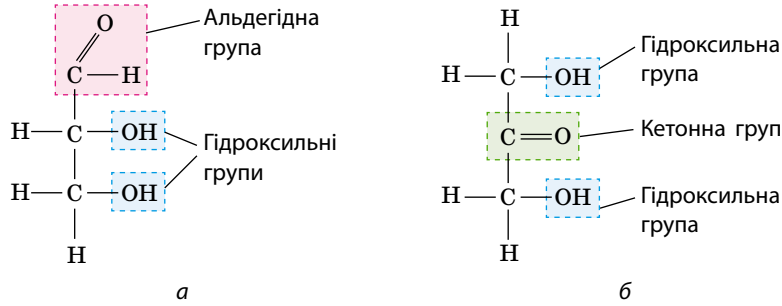
Назва вуглеводів походить від слів «вуглець» і «вода». Причиною цього є те, що перші з відомих науці вуглеводів описувалися формулою $C_x(H_2O)_y$. Вуглеводи називають також **цукрами**. Ця назва походить від давньоіндійського слова «саркара» (буквально: «гравій, галька, пісок, цукровий пісок»). Так в Індії називали солодкі кристали, які добували із соку тростини.

За хімічною характеристикою вуглеводи — це органічні речовини, що містять кетонну або альдегідну групу та декілька (тобто більше ніж одну) гідроксильних груп.

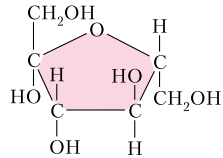
Вуглеводи, що містять альдегідну групу, називаються **альдозами**, а вуглеводи, що містять кетонну групу,— **кетозами** (мал. 8.2.).

На мал. 8.2 зображено вуглеводи, у ланцюгу яких є лише три атоми Карбону. Є у вуглеводів і довші ланцюги, наприклад фруктоза і глюкоза (мал. 8.3).

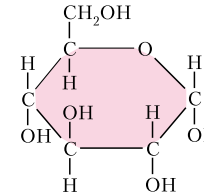
Залежно від кількості атомів Карбону, що входять до молекули вуглеводу, розрізняють **тріози**, що містять три атоми Карбону, **тетрози** — чотири атоми, **пентози** — п'ять, **гексози** — шість атомів і так далі, відповідно до назв числівників грецькою мовою. Глюкоза за кількістю атомів Карбону є гексозою, а рибоза — пентозою.



Мал. 8.2. Приклад альдози — гліцеральдегід (*а*); кетози — дигідроксиацетон (*б*)



а



б

Мал. 8.3. У молекулі фруктози (*а*) п'ять атомів Карбону, глюкози (*б*) — шість атомів Карбону

Моносахариди

Усі перелічені вище вуглеводи називають **моносахаридами**, оскільки вони складаються з однієї структурної одиниці (від грец. *monos* — один). Якщо в молекулі моносахариду атомів Карбону більше від трьох, така молекула може утворювати циклічну форму, оскільки її частини реагують одна з одною. У живих організмах моносахариди частіше зустрічаються саме в циклічній формі (мал. 8.3).

Моносахариди називають також простими цукрами, оскільки вони складаються з однієї молекули. **Прості цукри** являють собою тверді безбарвні кристалічні речовини, добре розчинні у воді. Майже всі вони мають приємний солодкий смак. Наприклад, солодкий смак фруктів, ягід, меду залежить від вмісту в них глюкози та фруктози. До моносахаридів належать також галактоза, рибоза, дезоксирибоза.

Моносахариди можуть виконувати енергетичну та структурну функції. **Глюкоза** — первинне джерело енергії для клітин. Вона входить до структури майже всіх клітин, тканин та органів.

Фруктоза у великій кількості у вільному вигляді міститься у плодах, тому її часто називають плодовим цукром. Особливо багато фруктози в меді, цукровому буряку, фруктах.

Галактоза відрізняється від глюкози тільки розташуванням гідроксильної групи та Гідрогену в четвертого карбонового атома. Вона може перетворюватися на глюкозу в печінці й інших органах. **Рибоза** та **дезоксирибоза** входять до складу нуклеїнових кислот — великих молекул, що беруть участь у процесах передавання, реалізації та зберігання спадкової інформації у клітині.

Дисахариди

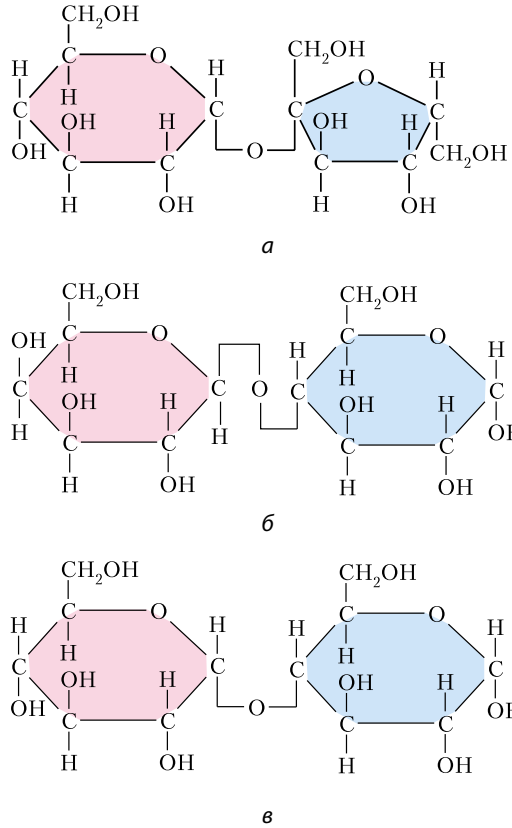
Молекули моносахаридів можуть з'єднуватися одна з одною з виділенням води. У результаті утворюються **олігосахариди** (від грец.

oligos — нечисленний), до яких належать дисахариди, трисахариди, тетрасахариди та **полісахариди** (від грец. *poly* — багато). До дисахаридів належать сахароза, лактоза та мальтоза (мал. 8.4).

Сахароза — тростинний або буряковий цукор. Складається із залишків глюкози та фруктози. Міститься в насінні, ягодах, корінні, бульбах, плодах. Відіграє важливу роль у харчуванні багатьох тварин та людини. Легко розчиняється у воді. Головні джерела добування сахарози (харчового цукру) у харчовій промисловості — цукровий буряк і цукрова тростина.

Лактоза — молочний цукор, має у своєму складі глюкозу та галактозу. Він входить до складу молока і є джерелом енергії для дитинчат ссавців.

Мальтоза складається із двох молекул глюкози, є основним структурним елементом таких полісахаридів, як крохмаль та глікоген.



Мал. 8.4. Дисахариди: *а* — сахароза; *б* — лактоза; *в* — мальтоза

а

б

Мал. 8.5. Полісахариди: *а* — картопляний крохмаль, *б* — хітин, основний компонент зовнішнього скелета членистоногих

Полісахариди

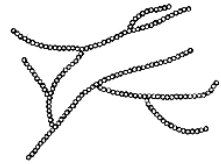
Органічні сполуки, що складаються з великої кількості структурних одиниць (мономерів), називають **полімерами**.

Полісахариди — це полімери, мономерами в яких є моносахариди. Із полісахаридів найпоширеніші крохмаль, глікоген, целюлоза, хітин (мал. 8.5). Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великої кількості моносахаридів. Вони мають дуже велику молекулярну масу.

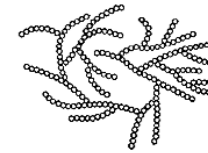
Крохмаль є основним запасним полісахаридом у рослин. Кількість залишків глюкози в ньому налічує кілька тисяч. Він міститься у великій кількості в бульбах картоплі, плодах, насінні. У гарячій воді крохмаль утворює колоїдний розчин, що в побуті має назву крохмальний клейстер. Структурні компоненти крохмалю — амілоза й амілопектин (мал. 8.6, *а*, *б*).

Глікоген — запасний полісахарид, що міститься у тканинах тіла тварин та людини, а також у грибах, дріжджах тощо. Він відіграє важливу роль у перетвореннях вуглеводів в організмі тварин. У значній кількості накопичується в печінці, м'язах, серці та багатьох інших органах. Є постачальником глюкози в кров. За структурою нагадує крохмаль, але є сильніше розгалуженим. Молекула глікогену складається приблизно із 30 000 залишків глюкози (мал. 8.6, *в*).

а



б



в

Мал. 8.6. Полісахариди: *а* — амілоза, *б* — амілопектин, *в* — глікоген

Клітковина (целюлоза) — головний структурний полісахарид клітинних оболонок рослин. Целюлоза за своєю структурою — лінійний полімер. Вона нерозчинна у воді й лише набухає в ній.

Хітин — основний компонент зовнішнього скелета членистоногих та деяких інших безхребетних тварин, входить до складу клітинної стінки грибів (див. мал. 8.5, *б*).

Функції вуглеводів

Будова вуглеводів дозволяє їм виконувати багато біологічних функцій.

Енергетична функція. Вуглеводи слугують основним джерелом енергії для організму. Складні за структурою, багаті на енергію, вуглеводи зазнають у клітині глибокого розщеплення й у результаті перетворюються на прості, бідні на енергію сполуки — карбон(IV) оксид та воду. У ході цього процесу вивільняється енергія. У процесі розщеп-лення 1 г вуглеводів вивільняється 17,6 кДж енергії.

Структурна функція. В усіх без винятку тканинах та органах знайдено вуглеводи та їхні похідні. Вони входять до складу оболонок клітин і субклітинних утворень. Беруть участь у синтезі багатьох найважливіших речовин. У рослинах полісахариди виконують також опорну функцію.

Функція запасання поживних речовин. В організмі та клітині вуглеводи мають здатність накопичуватися у вигляді крохмалю у рослин та глікогену у тварин. Крохмаль і глікоген є запасними формами вуглеводів та витрачаються в міру виникнення потреби в енергії.

Захисна функція. В'язкі секрети (слизи), що виділяються різними залозами, багаті на вуглеводи та їхні похідні. Вони захищають стінки порожнистих органів (стравохід, кишки, шлунок, бронхи) від механічних пошкоджень, проникнення шкідливих бактерій і вірусів.

Опорні точки

Органічними називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг із ковалентно зв'язаних атомів Карбону. Різноманітність органічних сполук забезпечується різними просторовими структурами ланцюга і функціональними групами, що входять до їхнього складу.

Вуглеводи — це органічні речовини, що містять нерозгалужений ланцюг із декількох атомів Карбону, карбонільну групу та декілька гідроксильних груп.

Вуглеводи виконують такі функції: енергетичну, структурну, захисну, запасаючу тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які органічні сполуки називають полімерами?
2. Які органічні сполуки називають вуглеводами?
3. Чому глюкозу можна назвати гексозою?
4. Чим альдози відрізняються від кетоз?
5. Які полімери можуть виконувати функцію запасання поживних речовин?
6. Чим пояснюється різноманітність органічних сполук?
7. У чому полягають особливості хімічної структури вуглеводів?
8. Які біологічні функції виконують моносахариди та полісахариди?
9. Як структура вуглеводів пов'язана з їхніми функціями?

§ 9. Структура і функції ліпідів

Ліпіди

Під терміном **ліпіди** (від грец. *lipos* — жир) хіміки об'єднують жири та жироподібні речовини. Головним критерієм, за яким ці речовини об'єднали в одну групу, є те, що вони не розчиняються у воді, але добре розчиняються у неполярних органічних розчинниках: естері, бензині, хлороформі тощо. Ця властивість споріднює всі ліпіди. А за своєю структурою вони істотно відрізняються один від одного.

У живих організмах містяться різні ліпіди, зокрема фосфоліпіди, жири та стероїди. Усі вони виконують важливі біологічні функції.

Із ліпідів найпоширенішими та найбільш відомими є **жири**. Вміст жиру в клітині зазвичай невеликий: 5—10 % (від сухої речовини). Однак існують клітини, у яких близько 90 % жиру. У тварин такі клітини містяться, наприклад, під шкірою. Жир міститься в молоці всіх ссавців. У деяких рослин велика кількість жиру зосереджена в насінні та плодах, наприклад у соняшнику, конопель, волоського горіха.

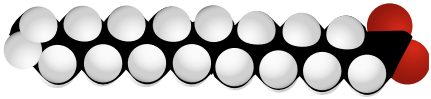
За хімічною структурою жири є складними естерами триатомного спирту гліцеролу та високомолекулярних жирних кислот.

Жирні кислоти*

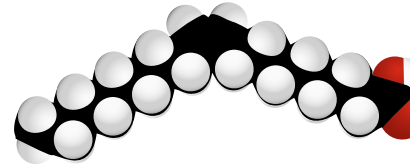
Жирні кислоти — це органічні сполуки, до складу яких входить карбоксильна група та довгий вуглеводневий хвіст.

Загальна формула жирної кислоти:

$$HO-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-CH_2\cdots CH_3$$



Мал. 9.1. Модель пальмітинової кислоти — насиченої жирної кислоти



Мал. 9.2. Модель олеїнової кислоти — ненасиченої жирної кислоти

Найпоширенішими є пальмітинова, стеаринова, олеїнова жирні кислоти.

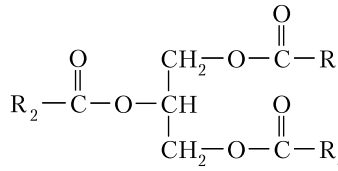
Усі жирні кислоти поділяються на дві групи: насичені, або граничні (не містять подвійних зв'язків), та ненасичені, або неграничні (містять подвійні зв'язки). До насичених кислот належать, наприклад, пальмітинова (мал. 9.1) та стеаринова кислоти, а до ненасичених — олеїнова (мал. 9.2).

Взаємодія гліцерину та жирних кислот призводить до утворення справжніх, або істинних, жирів — триацилгліцеролів (мал. 9.3).

Властивості жирів визначаються якісним складом жирних кислот та їх кількісним співвідношенням. Так, рослинні жири, або олії, багаті на ненасичені жирні кислоти, тому здебільше є легкоплавкими — рідкими за кімнатної температури (мал. 9.4). А тваринні жири за кімнатної температури залишаються твердими, оскільки містять переважно насичені жирні кислоти (мал. 9.5).

Жири

Триацилгліцероли— це природні органічні сполуки, які є похідними гліцеролу та жирних кислот. Триацилгліцероли є формою накопичення жирів в організмі та одним з основних джерел енергії; це найпоширеніші з природних ліпідів.



Мал. 9.3 Триацилгліцерол

Мал. 9.4. Рослинні жири багаті на ненасичені жирні кислоти

Мал. 9.5. Тваринні жири містять переважно насичені жирні кислоти

Калорійність жирів майже вдвічі вища за калорійність вуглеводів, тому вони відкладаються в організмі тварин як запасна поживна речовина. Жири також слугують для теплоізоляції та забезпечують плавучість. Олії найчастіше накопичуються в рослинах (насіння соняшнику, кокосової пальми тощо).

Дізнайтеся більше

Жир може бути постачальником так званої ендогенної води. Із 1 кг жиру під час його окиснення утворюється близько 1,1 л води. Завдяки цій воді існує чимало пустельних тварин, наприклад піщанки, тушканчики. Жир, що накопичується в горбах верблюда, також є джерелом води.

Фосфоліпіди

Особливо важливими жироподібними речовинами є **фосфоліпіди**. Вони, як і справжні жири, є естерами гліцеролу та жирних кислот, але від справжніх жирів вони відрізняються тим, що містять залишок ортофосфатної кислоти. Фосфоліпіди завдяки своїй будові здатні утворювати біліпідний шар, що є основою біологічних мембран.

*Характеристика фосфоліпідів**

Молекулярна маса фосфоліпідів невелика. У молекулі виділяється «головка» та два «хвости». «Головка» та «хвости» мають різні властивості. «Головка» гідрофільна, оскільки до її складу входить Оксиген і зв'язки є поляризованими. «Хвости» є залишками жирних кислот,

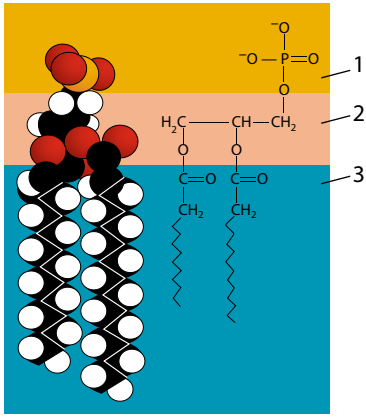
що містять багато CH_2-груп. «Хвости» гідрофобні, вони намагаються уникнути взаємодії з водою. Тобто фосфоліпіди мають гідрофільно-гідрофобні властивості (мал. 9.6), вони є амфіфільними сполуками.

Якщо молекули фосфоліпідів перебувають на поверхні води, то їхні «головки» спрямовані до води, а «хвости» виштовхуються з води назовні. При цьому молекули фосфоліпіду утворюють моношар — поверхневу плівку в одну молекулу завтовшки.

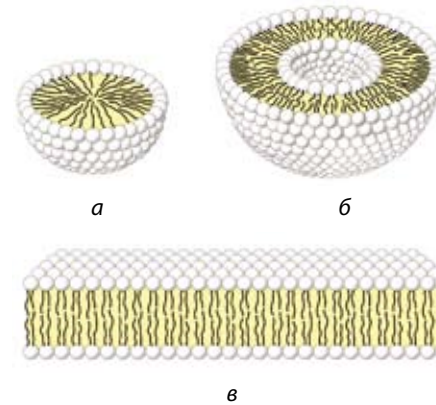
А якщо молекули фосфоліпідів перебувають повністю у воді, тоді «головки» будуть спрямовані до води (назовні), а «хвости» — від води (усередину). Таким чином утворюються **міцели** (мал. 9.7, *а*). Біліпідний шар може замикатися сам на себе, у результаті чого утворюється **ліпосома** (мал. 9.7, *б*), ззовні та всередині якої міститься вода. Молекули фосфоліпідів у стінці такої бульбашки утворюють бішар, тобто розташовуються у два ряди «головками» до води, а «хвости» розгорнуті один до одного. «Жирні» неполярні частини молекул при цьому взаємодіють одна з одною, а полярні частини — з водою. **Біліпідний шар** (мал. 9.7, *в*) є основою всіх клітинних мембран, однак, окрім ліпідів, ці мембрани містять ще й білки.

Важливу біологічну роль відіграють такі складні сполуки, як **гліколіпіди**, що складаються з вуглеводів та ліпідів. Їх особливо багато у тканинах мозку та нервових волокнах.

До ліпідів належать деякі вітаміни (A, D) та гормони (наприклад, статеві), а також такі сполуки, як лецитин та холестерин.



Мал. 9.6. Будова фосфоліпідів: залишки ортофосфатної кислоти (1), молекули гліцеролу (2) і молекули жирної кислоти (3)



Мал. 9.7. Міцели (*а*), ліпосоми (б), біліпідний шар (*в*)

а

б

Рис. 9.8. З воску бджола будує стільники (*а*), восковий наліт на листках рослин захищає їх (*б*)

Стероїди, воски*

З усіх **стероїдів** в організмі людини в найбільшій кількості міститься холестерол. Стероїдами також є статеві гормони (естроген, прогестерон, тестостерон), вітамін D.

Воски використовуються тваринами та рослинами як водовідштовхувальне покриття (бджолині стільники, покриття пір'я птахів, зовнішній покрив листя, плодів та насіння деяких рослин) (мал. 9.8).

Функції ліпідів

Ліпіди дуже широко представлені в живій природі та відіграють надзвичайно важливу роль у клітині й організмі.

Будівельна функція. Ліпіди беруть участь у побудові мембран клітин усіх органів та тканин, а також в утворенні багатьох біологічно важливих сполук.

Енергетична функція. Ліпіди забезпечують 25—30 % усієї енергії, необхідної для організму. У процесі повного розпаду 1 г жиру виділяється 38,9 кДж енергії.

Функція запасання поживних речовин. Жири є своєрідними «енергетичними консервами». Жировими депо можуть бути і крапля жиру всередині клітини, і «жирове тіло» у комах, і підшкірна клітковина в людини, у якій накопичується жир.

Теплоізоляційна функція. Жири погано проводять тепло. Вони відкладаються під шкірою, утворюючи в деяких тварин величезні скупчення. Наприклад, у кита шар підшкірного жиру сягає 1 м. Це дозволяє теплокровній тварині жити в холодних полярних водах.

Захисна функція. Шар жиру захищає ніжні органи від ударів та струсів (наприклад, навколониркова капсула, жирова подушка навколо ока). Жироподібні сполуки покривають тонким шаром листки рослин, не даючи їм намокати під час сильних дощів.

Гормональна функція. Багато ліпідів є попередниками гормонів. Наприклад, до ліпідів належать статеві гормони людини та тварин: естрадіол (жіночий гормон) і тестостерон (чоловічий гормон).

У багатьох ссавців існує спеціальна жирова тканина, що відіграє переважно роль терморегулятора, своєрідного біологічного «обігрівача». Цю тканину називають «бурим жиром». У ній виробляється енергія, що має для ссавців важливе значення в умовах життя за низьких температур.

Дізнайтеся більше

Із ненасичених жирних кислот у клітинах людини та тварин синтезуються такі регуляторні речовини, як простагландини. Вони мають широкий спектр біологічної активності: регулюють скорочення мускулатури внутрішніх органів, підтримують тонус судин, регулюють функції різних відділів мозку, наприклад центру терморегуляції.

Підвищення температури тіла при деяких захворюваннях пов'язане з підсиленням синтезу простагландинів та збудженням центру терморегуляції. Широко застосовуваний у медицині аспірин гальмує синтез простагландинів і таким чином знижує температуру тіла.

Опорні точки

Ліпіди — це органічні сполуки з різною структурою, але спільними властивостями: вони є нерозчинними у воді, добре розчиняються у неполярних органічних розчинниках.

У живих організмах містяться різні ліпіди, зокрема фосфоліпіди, жири та стероїди тощо.

Особливо важливими жироподібними речовинами є фосфоліпіди. Вони завдяки своїй будові мають здатність утворювати біліпідний шар, що є основою біологічних мембран.

Ліпіди виконують будівельну, енергетичну, захисну, теплоізоляційну, гормональну функції, функцію запасання.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Назвіть основну властивість, яка споріднює всі ліпіди.
2. У чому полягає енергетична функція жирів?
3. Чим визначаються властивості жирів?
4. Які функції можуть виконувати ліпіди?
5. Що таке фосфоліпіди? Яку біологічну функцію вони виконують?

6. Завдяки яким властивостям жири виконують теплоізоляційну функцію?
7. Що ви знаєте про регуляторні функції ліпідів?
8. Як структура фосфоліпідів пов'язана з їхніми біологічними функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема. Визначення деяких органічних речовин та їхніх властивостей

Мета: навчитися визначати жири та полісахариди, вивчити їхні властивості.

Обладнання та матеріали: штатив із пробірками, градуйовані піпетки, крапельниця, скляні палички, водяна баня або посудина з гарячою водою, годинник; дистильована вода, концентрована хлоридна кислота, розчин Люголя, рослинна олія, етиловий спирт, бензен, хлороформ; водні 10%-ві розчини питної соди та натрій гідроксиду, а також 1%-ві розчини купрум сульфату та крохмалю.

Завдання 1

Виявлення крохмалю в реакції з йодом та глюкози, що утворюється під час розщеплення крохмалю, у реакції з купрум сульфатом.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива дві пробірки, пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 2 мл розчину крохмалю.
2. У першу пробірку додайте 1—2 краплі розчину Люголя, перемішайте скляною паличкою. Запишіть, яке забарвлення з'явилося.
   1) Нагрійте пробірку. Запишіть, чи змінилося забарвлення.
   2) Охолодіть пробірку. Запишіть, чи змінилося забарвлення.
   3) Зробіть висновок відповідно до мети завдання.
3. У другу пробірку налийте 2—3 краплі концентрованої хлоридної кислоти, прокип'ятіть її вміст на водяній бані протягом 15 хв, додайте 2 мл розчину натрій гідроксиду, 5 крапель розчину купрум сульфату, нагрійте до кипіння на водяній бані. Запишіть, як змінюється забарвлення.
4. Зробіть висновок відповідно до мети завдання.

Завдання 2

Вивчення розчинності жирів у різних розчинниках.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива чотири пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 0,2 мл рослинної олії.
2. Додайте до пробірок: № 1 — 5 мл дистильованої води, № 2 — 5 мл етанолу спирту, № 3 — 5 мл бензену, № 4 — 5 мл хлороформу.
3. Перемішайте вміст кожної пробірки. Запишіть результати спостереження.
4. У пробірку № 1 додайте ще 5 мл розчину питної соди. Перемішайте вміст пробірки. Запишіть результат спостереження.
5. Зробіть висновок відповідно до мети завдання.

§ 10. Структура і функції білків

Білки

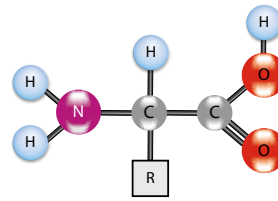
Багато органічних сполук, що входять до складу клітин, характеризуються великим розміром молекул і є біополімерами.

Біополімери — це органічні речовини, що складаються з повторюваних структурних одиниць — мономерів. До біополімерів належать молекули білків, що становлять 10—20 % від сирої маси та 50—80 % від сухої маси клітини.

Білки — це органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти. **Амінокислоти** — це невеликі за розміром органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться аміногрупа й карбоксильна група. Ці амінокислоти мають загальну формулу (мал. 10.1), де R — це радикал, який у кожної амінокислоти свій, а решта в молекулі амінокислот однакова.

Дізнайтеся більше

Білки називають також протеїнами (від грец. *protos* — перший, головний). Цією назвою вчені вказали на надзвичайно важливе значення білків для всіх життєвих процесів.



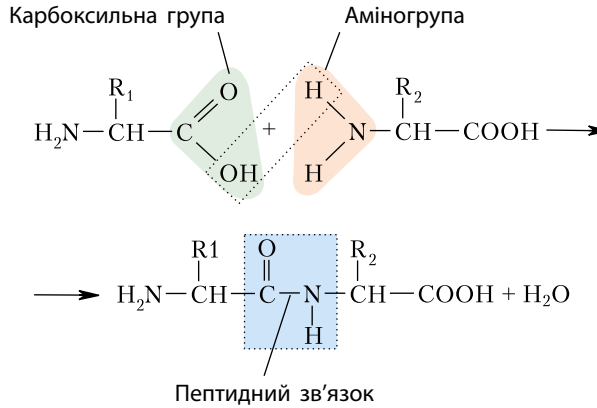
Мал. 10.1. Загальна формула амінокислоти

У процесі біосинтезу білка до його складу включаються 20 амінокислот: аланін (Ала), аргінін (Арг), аспарагінова кислота (Асп), аспарагін (Асн), валін (Вал), гістидин (Гіс), гліцин (Глі), глутамінова кислота (Глу), глутамін (Глн), ізолейцин (Іле), лейцин (Лей), лізин (Ліз), метіонін (Мет), пролін (Про), серин (Сер), тирозин (Тир), треонін (Тре), триптофан (Три), фенілаланін (Фен), цистеїн (Цис).

Є амінокислоти, яких організми людини і тварин синтезувати не можуть, вони називаються незамінними й обов'язково мають надходити до організму з їжею. Незамінними амінокислотами для людини та тварин є: валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін, а для дітей ще й амінокислоти аргінін та гістидин.

Амінокислоти можуть з'єднуватися одна з одною через спільні для них групи: аміногрупа однієї амінокислоти з'єднується з карбоксильною групою іншої амінокислоти (мал. 10.2). У процесі з'єднання утворюється молекула води. Між амінокислотами, що з'єдналися, виникає зв'язок $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}-$, який називають **пептидним**, а сполуки, що містять декілька амінокислот, називають **пептидами**. Сполуку з великої кількості амінокислот називають **поліпептидом**. Білок може являти собою один або декілька поліпептидів. До складу більшості білків входить 300—500 амінокислотних залишків, але є й більші білки, що складаються з понад 1500 амінокислот.

Білки відрізняються кількістю амінокислот і порядком чергування їх у поліпептидному ланцюгу.



Мал. 10.2. Реакція утворення дипептиду

Рівні організації білкової молекули

Білкова молекула має складну структуру.

Первинна структура білка представлена поліпептидним ланцюгом. У первинній структурі всі зв'язки між амінокислотами ковалентні, а отже, міцні. Первинною структурою білка називають кількість і послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу (мал. 10.3, *а*).

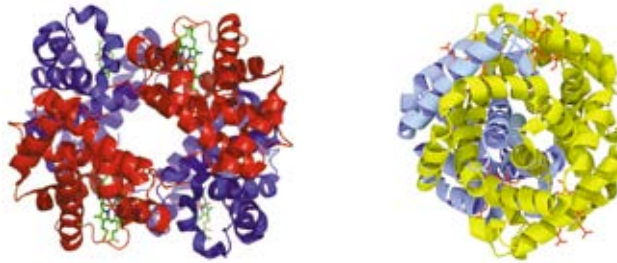
Вторинна структура білка — це спосіб упакування первинної структури в альфа-спіраль або бета-шар (мал. 10.3, *б, в*). Альфа-спіраль виникає в результаті утворення водневих зв'язків між групами —CO- та —NH, розташованими на різних витках спіралі (мал. 10.3, *б*). Бета-шар утворюється в результаті формування водневих зв'язків між CO-групами одного поліпептидного ланцюга та NH-групами іншого поліпептидного ланцюга (мал. 10.3, *в*). Унаслідок цього велика кількість поліпептидних ланцюгів може розташовуватися поряд, формуючи бета-шар.

Наступний рівень упакування білкової молекули — третинний, характерний для білків, у яких вторинна структура представлена альфа-спіраллю (мал. 10.3, *г*). У білків, що мають бета-шар, третинна структура не виражена.

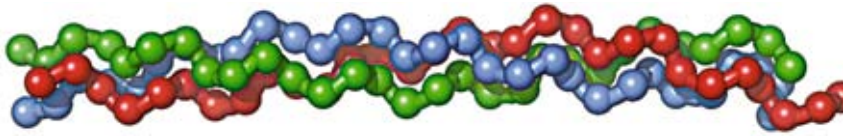
Третинна структура білка — це спосіб упакування альфа-спіралі у просторову глобулу. Третинна структура білка утворюється завдяки додатковим водневим зв'язкам, гідрофільно-гідрофобним взаємодіям та ковалентним дисульфідним зв'язкам —S—S—, які виникають між двома молекулами цистеїну.

а *б* *в* *г* *д*

Мал. 10.3. Рівні організації білкової молекули:
первинна структура білка (*а*); вторинна структура: *б* — альфа-спіраль, *в* — бета-шар; третинна структура (*г*); четвертинна структура (*д*)



а



б

Мал. 10.4. Глобулярні (*а*) і фібрилярні (*б*) білки

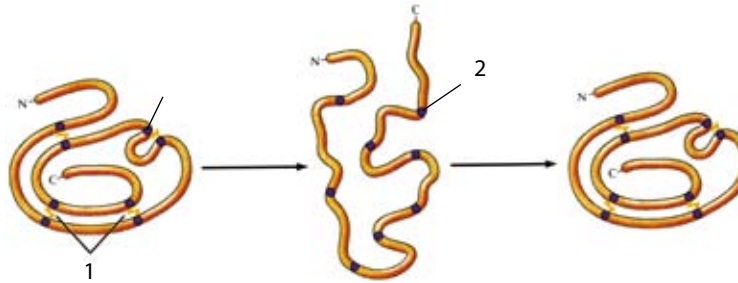
Спосіб спільного упакування декількох поліпептидних ланцюгів називають **четвертинною структурою білка**. Наприклад, молекула гемоглобіну — білка, що міститься в еритроцитах,— складається з чотирьох поліпептидних ланцюгів, кожен з яких з'єднується із ферумовмісним гемом (гем — небілкова частина гемоглобіну). У результаті їх об'єднання й утворюється молекула гемоглобіну, що здатна здійснювати транспортування газів.

Якщо поліпептидні ланцюги лежать у вигляді клубка, то такі білки називають **глобулярними**. Якщо поліпептидні ланцюги лежать у пучках ниток, вони мають назву **фібрилярних** білків (мал. 10.4).

Денатурація та ренатурація білка

Починаючи зі вторинної структури, просторова конформація макромолекул білка підтримується переважно слабкими хімічними зв'язками. Під впливом зовнішніх чинників, наприклад зміни температури, складу солей у середовищі, pH, радіації, зв'язки, що утримують макромолекулу, рвуться і структура білка та його властивості змінюються. Цей процес називається **денатурацією**.

Денатурація — це порушення природної структури білка. Якщо порушуються всі структури білка, включаючи первинну, така денатурація називається необоротною. Але бувають і процеси оборотної денатурації. За умови збереження первинної структури білка після усунення чинника, що призвів до денатурації, багато білків здатні повернути свою природну форму. Такий процес називається **ренатурацією** (мал. 10.5).



Мал. 10.5. Схема ренатурації білка: 1 — S—S-зв'язки; 2 — цистеїн

Біологічні функції білків

Структура білків дозволяє їм виконувати різні біологічні функції.

1. Ферментативна функція. Хімічні реакції у клітині відбуваються за участю особливих біологічних каталізаторів — ферментів. **Ферменти** — це глобулярні білки, здатні прискорювати хімічні реакції у клітині в десятки та сотні разів.

2. Структурна функція. Білки входять до складу всіх мембран, що оточують і пронизують клітину, й усіх органел.

3. Транспортна функція. У крові, зовнішніх клітинних мембранах, у цитоплазмі та ядрі клітин є різні транспортні білки. У крові є білки-транспортери, які розпізнають і зв'язують певні гормони й несуть їх до певних клітин. Такі клітини мають рецептори, що впізнають ці гормони. У зовнішніх клітинних мембранах теж є білки-транспортери, які забезпечують активне і чітко вибіркове транспортування всередину й назовні клітини різних речовин та йонів. Саме з білками пов'язане перенесення кисню та вуглекислого газу в тілі тварин і людини: його здійснює білок крові — гемоглобін.

4. Рухова, скоротлива функція. Усі види рухових реакцій клітини виконуються особливими скорочувальними білками, котрі зумовлюють скорочення м'язів, рух джгутиків та війок у найпростіших, переміщення хромосом під час поділу клітини, рух рослин.

5. Захисна функція. Багато білків утворюють захисний покрив, що захищає організм від шкідливих впливів, наприклад рогові утворення — волосся, нігті, копита, роги. Це механічний захист. У відповідь на проникнення до організму чужорідних агентів (антигенів) у клітинах крові виробляються речовини білкової природи (антитіла), котрі знешкоджують їх, захищаючи організм. Захисним білком є, наприклад, інтерферон.

6. Енергетична функція. Білки можуть бути джерелом енергії. Під час розпаду 1 г білка до кінцевих продуктів виділяється близько 17 кДж енергії. Однак білки використовуються як джерело

енергії зазвичай коли вичерпуються інші джерела, такі як вуглеводи та жири.

7. Білки можуть також виконувати **запасаючу функцію**, наприклад казеїн молока.

8. Гормональна функція. Білки можуть бути регуляторами фізіологічних процесів — гормонами. Багато гормонів є білками, наприклад гормон росту, адренокортикотропний гормон, тиреотропний гормон та інші гормони гіпофіза.

9. Регуляторна функція. Багато процесів регулюються білковими молекулами, які не служать ні джерелом енергії, ні будівельним матеріалом для клітини. Ці білки регулюють транскрипцію, трансляцію, активність інших білків. Регуляторну функцію білки здійснюють або за рахунок ферментативної активності, або за рахунок специфічного зв'язування з іншими молекулами.

10. Сигнальна функція — це здатність білків служити сигнальними речовинами, передаючи сигнали між тканинами, клітинами або організмами. Сигнальну функцію часто об'єднують з регуляторною, оскільки регуляторні білки теж можуть здійснювати передачу сигналів.

Дізнайтеся більше

Відома велика група білкових факторів росту, що активують ферменти синтезу ДНК у клітинах і таким чином посилюють поділ клітин. Це важливо для відновлення тканин у випадку поранень, а також після операцій. Але надлишковий синтез факторів росту може спричиняти надто інтенсивний поділ клітин — їх злоякісний ріст, виникнення злоякісних пухлин. Блокувати надлишковий синтез деяких факторів росту або пригнітити їх дію означає пригнітити зростання злоякісної пухлини. На цьому шляху вчені шукають нові засоби для лікування раку.

Опорні точки

Білки — це органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти. Амінокислоти — це невеликі за розмірами органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться карбоксильна й аміногрупа. У процесі біосинтезу білка до його складу включаються 20 амінокислот. Білки відрізняються кількістю амінокислот і порядком чергування їх у поліпептидному ланцюгу та мають первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури.

Структура білків дозволяє їм виконувати різні біологічні функції: ферментативну, рухову, структурну, гормональну, регуляторну, енергетичну, захисну, транспортну, сигнальну.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке білки?
2. Які біологічні функції виконують білки?
3. Що таке первинна структура білка?
4. Які зв'язки утворюють первинну структуру білка?
5. Яка біологічна функція є характерною тільки для білків?
6. У яких випадках денатурація може бути оборотною?
7. Як формується вторинна структура білка?
8. Яка структура білка забезпечує виконання ним його біологічних функцій?
9. Чому саме білки можуть виконувати такі різні біологічні функції?

§ 11. Структура і функції ферментів. Вітаміни, гормони, фактори росту, їх роль у життєдіяльності організмів

Ферменти

Ферменти — це білкові молекули, що є біологічними каталізаторами. Вони присутні в усіх живих клітинах та сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти). Ферменти виступають у ролі каталізаторів практично в усіх біохімічних реакціях, що відбуваються в живих організмах.

Дізнайтеся більше

Ферменти називають також ензимами (слово «ферменти» — латинського походження, «ензими» — грецького). Терміни «ферменти» й «ензими» вчені вживають як синоніми, наука про ферменти називається **ензимологією**.

Кожний фермент забезпечує одну або кілька реакцій одного типу. Наприклад, жири у травному тракті, а також у клітині розщеплюються спеціальним ферментом — ліпазою, яка не діє на полісахариди та білки, фермент амілаза, що розщеплює крохмаль або глікоген, не діє на жири.

Кожна молекула ферменту може здійснювати від кількох тисяч до кількох мільйонів операцій за хвилину. Під час цих операцій фермент не витрачається та не змінюється.

За хімічним складом розрізняють **прості ферменти**, які складаються тільки з амінокислот, і **складні ферменти**, що мають небілкову частину (наприклад, вітаміни, йони Цинку, Магнію, Феруму).

Основною функцією ферменту є прискорення швидкості перебігу реакцій у сотні разів. Без ферментів процеси життєдіяльності неможливі.

У процесі реакції, що каталізується, у контакт із субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, що називається активним центром (мал. 11.1).

Властивості ферментів

Основною властивістю ферментів є їх здатність утворювати за допомогою активного центру фермент-субстратний комплекс і прискорювати перебіг реакції.

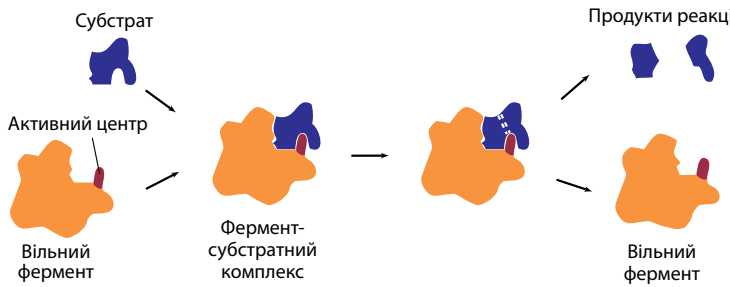
Але існують й інші важливі властивості ферментів:

— прискорюючи швидкість реакції, вони самі в цій реакції не витрачаються;
— ферменти є високоспецифічними: один фермент може каталізувати лише одну реакцію або декілька реакцій одного типу;
— присутність ферментів не впливає ні на властивості, ні на природу субстрату і кінцевого продукту (або продуктів) реакції;
— дуже мала кількість ферменту спричиняє перетворення великих кількостей субстрату;
— активність ферментів залежить від pH середовища, температури, тиску, концентрацій субстрату тощо.

Механізм дії ферментів

Існує дві гіпотези, що пояснюють, як діють ферменти. Одна з них називається гіпотезою «ключа та замка», а друга — гіпотезою «руки та рукавички».

Відповідно до першої, субстрат є «ключем», який точно підходить до «замка» — ферменту (мал. 11.1). Найважливішою частиною «замка» є активний центр. Саме з ним і з'єднується субстрат, оскільки форма субстрату відповідає формі активного центру. Утворюється фермент-субстратний комплекс. Це активований стан, який веде до



Мал. 11.1. Механізм дії ферментів «замок»

утворення продуктів реакції. Продукти, що утворилися, за формою уже не відповідають активному центру. Вони відокремлюються від нього, після чого активний центр, що звільнився, може приймати нові молекули субстрату.

Відповідно до другої гіпотези, активний центр не чітко підходить до субстрату. Субстрат спричиняє певні зміни в активному центрі, і «рукавичка» дещо змінюється, будучи одягнутою на «руку».

Використання ферментів у промисловості

Людина активно застосовує ферменти у промисловості. Перший патент на використання ферментних препаратів з промисловою метою було отримано у 1981 році. Ферменти використовуються в харчовій та кондитерській промисловості, а також у текстильній промисловості для відбілювання й обробки пряжі та бавовняних ниток.

Ферменти можна використовувати, не вилучаючи їх із живих організмів, безпосередньо в бактеріальних клітинах. Цей спосіб є основою будь-якого мікробіологічного виробництва.

Біохіміки думали про те, як застосовувати чисті препарати ферментів, щоб уникнути побічних реакцій, супутніх життєдіяльності мікроорганізмів. Створення виробництв, у яких використовуються ферменти в чистому вигляді як реактиви, дуже вигідні. Але є принципове ускладнення: багато ферментів після їх вилучення з клітини дуже швидко деактивуються, руйнуються.

Учені знайшли розв'язання проблеми. Для того щоб зробити ферменти стійкими, придатними для багаторазового тривалого промислового використання, їх за допомогою міцних хімічних зв'язків приєднують до нерозчинних або розчинних носіїв. У результаті ферменти стають стійкими.

Створення таких ферментів — заслуга інженерної ензимології, одного з нових напрямків біотехнології. Сьогодні за допомогою методів інженерної ензимології у промисловості отримують, наприклад, глюкозо-фруктозні сиропи, напівсинтетичні пеніциліни, дієтичне безлактозне молоко тощо.

Вітаміни, гормони, фактори росту, їх роль у життєдіяльності організмів

Вітаміни (від латин. *vita* — життя) — це низькомолекулярні органічні сполуки різної хімічної природи, що виконують важливі біохімічні та фізіологічні функції. Вітаміни входять до складу ферментів.

Вони потрібні організмові в дуже невеликих кількостях. Людина та тварини не синтезують вітаміни або синтезують їх у недостатній кількості й тому повинні отримувати їх із їжею. Основне джерело

вітамінів — рослини, у яких можуть міститися і так звані провітаміни, що перетворюються на вітаміни в організмі.

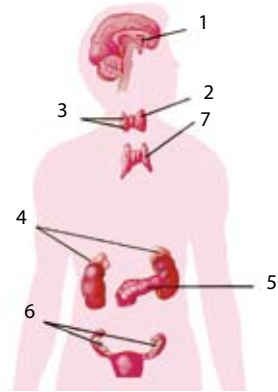
Розрізняють водо- та жиророзчинні вітаміни. До водорозчинних вітамінів належать вітамін С (аскорбінова кислота), вітаміни групи В — B_1 (тіамін), B_2 (рибофлавін), B_6 (піридоксин), B_{12} (кобаламін), вітамін РР (ніацин) та інші. До жиророзчинних — вітамін А (ретінол), D (кальциферол), Е (токоферол) та вітамін К (нафтохінон).

У складі ферментів вітаміни беруть участь в енергетичному обміні (вітаміни B_1 і B_2), біосинтезі та перетвореннях амінокислот (вітаміни B_6 і B_{12}), жирних кислот (пантотенова кислота) та інших процесах.

Функції жиророзчинних вітамінів пов'язані із процесами світлосприйняття (вітамін А), зсідання крові (вітамін К), засвоєння Кальцію (вітамін D) тощо.

Гормони — це біологічно активні сполуки, що виділяються залозами внутрішньої секреції безпосередньо у кров і лімфу (мал. 11.2).

За своєю хімічною будовою гормони можуть бути похідними холестерину, наприклад гормони кори надниркових залоз — кортикостероїди (гідрокортизон, кортикостерон, альдостерон) — і гормони статевих залоз (тестостерон, естрадіол, прогестерон). А можуть бути білковими, наприклад гормони, що виділяються гіпофізом (окситоцин, вазопресин, адренокортикотропний гормон та інші). Існують гормони — похідні амінокислоти тирозину, до них належать тироксин, трийодтиронін, які виділяються щитоподібною залозою, та адреналін, норадреналін, що виділяються мозковою речовиною надниркових залоз.



Мал. 11.2. Залози внутрішньої та змішаної секреції:
1 — гіпофіз; 2 — щитоподібна залоза; 3 — паращитоподібні залози; 4 — надниркові залози; 5 — підшлункова залоза; 6 — сім'яники (яєчники в жінок); 7 — вилочкова залоза (тимус)

Дія гормонів різноманітна й виявляється в дуже малих концентраціях. Вони справляють регулювальний вплив на всі реакції обміну речовин, відіграють важливу роль у підтримуванні гомеостазу, процесах адаптації організму до змінних умов середовища.

Гормони регулюють ріст, розмноження та диференціювання тканин, синтез білків, проникність кліткових мембран.

Пригадайте

Гомеостаз — це система скоординованих реакцій, спрямованих на забезпечення підтримання або відновлення сталості внутрішнього середовища організму.

Фактори росту

Для підтримування життя нормальних клітин вищих організмів абсолютно необхідною є їх взаємодія з унікальною комбінацією специфічних факторів росту.

Факторами росту називають групу білкових молекул, що впливають на синтез ДНК у клітині, диференціювання клітин та їх поділ. Ефекти факторів росту, на відміну від гормонів, можуть тривати протягом кількох днів.

Вони зазвичай стимулюють поділ певних типів клітин. Як правило, вони виділяються одними клітинами і діють на інші клітини, хоча інколи буває так, що вони діють на ті самі клітини, які їх виділяють. Фактори росту діють на свої клітини-мішені, що відрізняються від інших клітин характерними рецепторами.

Опорні точки

Ферменти — це білкові молекули, що є біологічними каталізаторами. Основною функцією ферментів є прискорення швидкості перебігу біологічних реакцій. Кожний фермент забезпечує одну або декілька реакцій одного типу. У процесі реакції, що каталізується, у контакт із субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, яка називається активним центром. Завдяки активному центру фермент може формувати із субстратом фермент-субстратний комплекс, що знижує енергію активації реакції. Саме це і сприяє тому, що реакція відбувається набагато швидше.

Важливу роль у життєдіяльності організмів відіграють також вітаміни, гормони, фактори росту.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке ферменти, гормони, фактори росту?
2. Чи змінюється фермент у процесі реакції?
3. Від яких чинників залежить активність ферментів?
4. Які проблеми вирішує інженерна ензимологія?
5. Одні ферменти є найбільш активними в кислому середовищі, а інші — у лужному. Чим це можна пояснити?
6. Яку роль відіграє фермент-субстратний комплекс?
7. Як біологічна роль ферментів пов'язана з їхньою будовою?
8. Як ви вважаєте, чому всі ферменти — глобулярні білки? Чи можуть, наприклад, вуглеводи виконувати каталітичні функції?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема. Вивчення властивостей ферментів

Мета: вивчити властивості ферментів та умови їхньої активності.
Обладнання та матеріали: штатив із пробірками, градуйовані піпетки, крапельниця, колба, скляні палички, термостат, водяна баня, розчин Люголя, дистильована вода, склянка з льодом, водний 0,2%-й розчин крохмалю.

Завдання 1

Вивчення дії ферменту слини (амілази) на крохмаль.

Хід роботи

1. Сполосніть ротову порожнину 2—3 рази водою. Потім протягом 3—5 хв прополощіть ротову порожнину 50 мл дистильованої води та зберіть розчин слини в колбу.
2. Візьміть зі штатива дві пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 2 мл розчину крохмалю.
3. У пробірку № 1 додайте 0,5 мл розчину слини, в якому є фермент амілаза, а в пробірку № 2 додайте 0,5 мл дистильованої води. Перемішайте вміст пробірок.
4. Пробірки № 1 і 2 помістіть на 15 хв у термостат за температури 38 °С. Після цього слід витягти пробірки з термостата та додати до їхнього вмісту 1—3 краплі розчину Люголя.
5. Запишіть результати спостережень. Зробіть висновок.

Завдання 2

Дослідження впливу температури на активність ферменту амілази в реакції з крохмалем.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива чотири пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну по 2 мл розчину крохмалю та по 0,5 мл розчину слини.
2. Пробірку № 1 залиште за кімнатної температури, пробірку № 2 помістіть у термостат за температури 38 °С, пробірку № 3 поставте кип'ятити на водяній бані, пробірку № 4 поставте у склянку з льодом.
3. Через 10—15 хв витягніть пробірку з термостата, водяної бані та склянки з льодом і в усі чотири пробірки додайте по 2—3 краплі розчину Люголя.
4. Запишіть результати спостережень.
5. Зробіть висновок.

Теми для проектної і групової роботи

1. Використання ферментів у промисловості.
2. Використання вуглеводів у промисловості.
3. Правила безпечного використання засобів побутової хімії.
4. Правила безпечного використання біодобавок.
5. Правила безпечного використання медичних препаратів.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз і узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

§ 12. Структура нуклеїнових кислот

Відкриття нуклеїнових кислот

Нуклеїнові кислоти — це високомолекулярні органічні сполуки, що забезпечують зберігання, реалізацію, зміну та передавання спадкової інформації в живих організмах. Уперше їх описав у 1869 році швейцарський біохімік Фрідріх Мішер (мал. 12.1), який виділив із ядра клітин речовину, названу ним нуклеїном (від латин. *nucleus* — ядро), оскільки вважав, що нуклеїн міститься лише в ядрах клітин.

Особливості будови та біологічні функції нуклеїнових кислот тривалий час лишалися невідомими. Але саме з'ясування структури нуклеїнових кислот відкрило нову епоху в біології, дозволило зрозуміти молекулярні основи спадковості та мінливості.

Будова нуклеотиду

Нуклеїнові кислоти — це полімери, мономерами в яких є **нуклеотиди**. До складу нуклеотиду входять:

1. **Моносахарид (пентоза)** — це може бути рибоза (мал. 12.2) або дезоксирибоза (мал. 12.3).
2. **Нітратні основи** — це може бути урацил, тимін, аденін, гуанін, цитозин (мал. 12.4).
3. **Залишок ортофосфатної кислоти**.

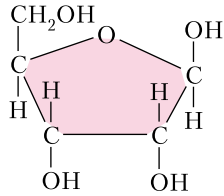
Усі три компоненти нуклеотиду об'єднуються разом так: при об'єднанні пентози з нітратною основою утворюється нуклеозид, а потім до нього приєднується залишок ортофосфатної кислоти й утворюється **нуклеотид** (мал. 12.5).

Якщо до складу нуклеотиду в нуклеїновій кислоті входить рибоза, то така кислота має назву **рибонуклеїнова кислота (РНК)**, а якщо дезоксирибоза — **дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)**.

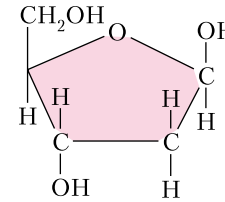
а

б

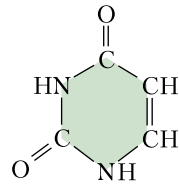
Мал. 12.1. Мішер Йоганн Фрідріх (*а*) — швейцарський лікар, першовідкривач нуклеїнових кислот; модель ДНК (*б*)



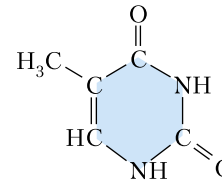
Мал. 12.2. Рибоза



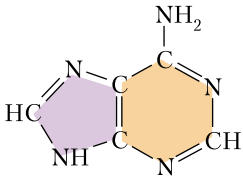
Мал. 12.3. Дезоксирибоза



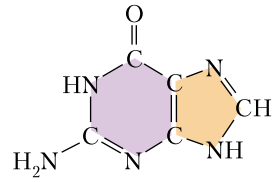
Урацил



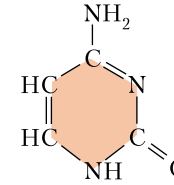
Тимін



Аденін

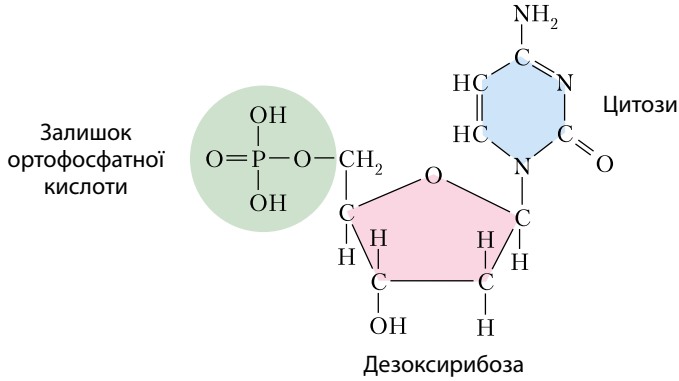


Гуанін



Цитозин

Мал. 12.4. Нітратні основи



Мал. 12.5. Три компоненти нуклеотиду утворюють єдиний мономер

Будова ДНК та РНК

До складу нуклеотидів ДНК можуть входити чотири нітратні основи: **аденін**, **тимін**, **гуанін**, **цитозин**. У нуклеотидах РНК також можуть бути чотири нітратні основи — **аденін**, **гуанін**, **цитозин**, **урацил**. Тимін у РНК не міститься, натомість присутній урацил. Тимін відрізняється від урацилу наявністю метильної групи —CH_3, відсутньої в урацилі (див. мал. 12.4).

Нуклеотиди об'єднуються один з одним за допомогою фосфодіестерних зв'язків (мал. 12.6).

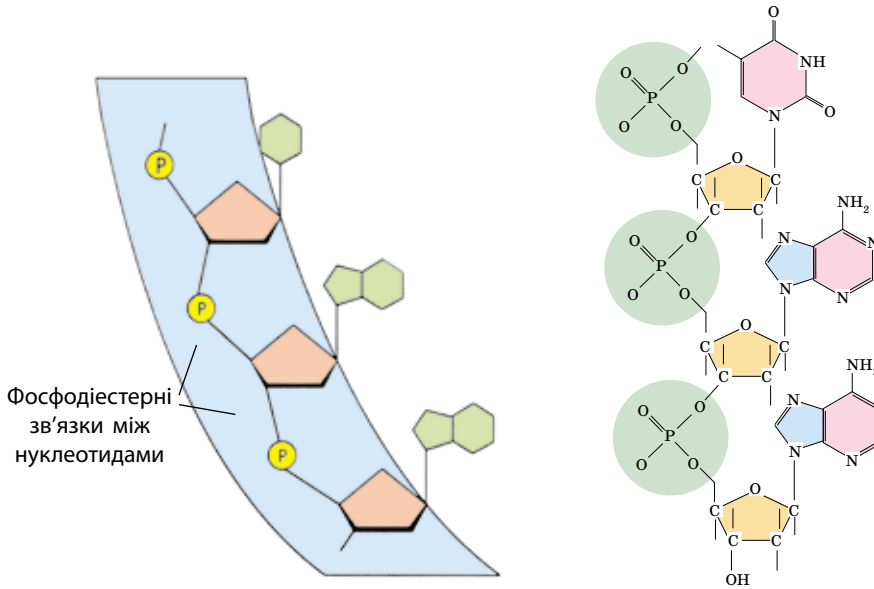
Існують чіткі закономірності в будові молекули ДНК.

1. В молекулах ДНК кількість аденіну завжди дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну — кількості цитозину. Така закономірність називається **правилом Чаргаффа** на честь ученого, який її відкрив.

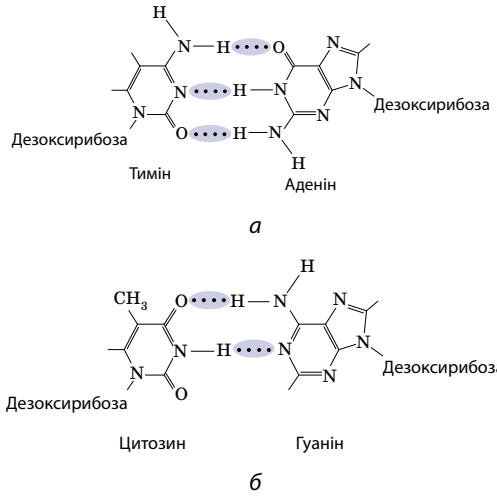
2. Нітратні основи формують пари аденін — тимін, гуанін — цитозин і є комплементарними одна одній (мал. 12.7).

Комплементарність — це здатність нітратних основ утворювати між собою водневі зв'язки.

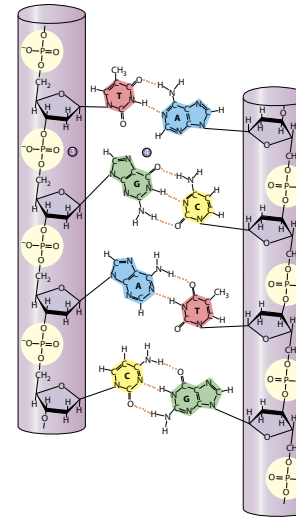
Якщо відома послідовність основ в одному ланцюзі ДНК, то завдяки специфічності парування, комплементарності двох ланцюгів стає відомою і послідовність основ у другому ланцюзі.



Мал. 12.6. Схема будови нуклеїнових кислот



Мал. 12.7. Між аденіном і тиміном утворюються три водневі зв'язки (*а*), а між гуаніном і цитозином — два (*б*)



Мал. 12.8. Схема дволанцюгової молекули ДНК

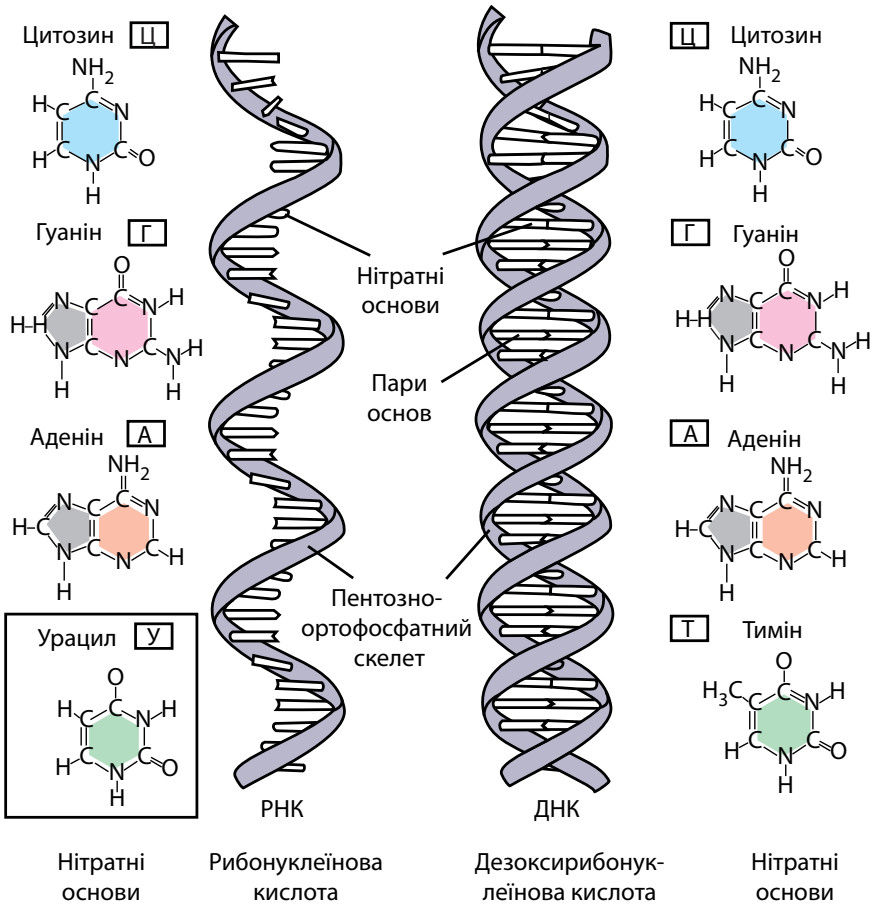
3. Молекула ДНК є дволанцюговою (мал. 12.8) й утворює подвійну спіраль (мал. 12.9), по 10 пар нітратних основ у кожному витку.

4. Пентозоортофосфатний скелет ДНК розташований на периферії молекули ДНК, а нітратні основи — усередині. Аденін в одному ланцюзі завжди зв'язаний водневими зв'язками з тиміном у другому ланцюзі, а гуанін в одному ланцюзі завжди зв'язаний водневими зв'язками з цитозином у другому ланцюзі (див. мал. 12.8). Хоча водневі зв'язки між парами основ є відносно слабкими, кожна молекула ДНК містить їх так багато, що у фізіологічних умовах комплементарні ланцюги ніколи самостійно не розділяються.

Молекула РНК, на відміну від ДНК, є одноланцюговою. Відмінності в будові ДНК та РНК пов'язані з їхніми різними біологічними функціями. Структура молекули ДНК дозволяє їй самовідтворюватися, молекула ДНК під час відтворення слугує сама для себе матрицею (мал. 12.9).

Структурні рівні організації нуклеїнових кислот

У молекулі ДНК, що складається із двох полінуклеотидних ланцюгів, виділяють первинну, вторинну та третинну структури.



Мал. 12.9. Порівняльні характеристики РНК та ДНК

Первинна структура становить лінійну послідовність нуклеотидів в одному ланцюзі. У такій формі ДНК у природі не існує, але саме первинна структура (послідовність нуклеотидів) визначає усі її властивості.

Вторинна структура — це два полінуклеотидні ланцюги, кожний з яких закручений у спіраль вправо та обидва закручені вправо навкруги однієї осі.

Третинна структура ДНК формується тільки у зв'язку з білками та слугує для більш компактного упакування ДНК в ядрі.

Молекули РНК також мають первинну, вторинну та третинну структури.

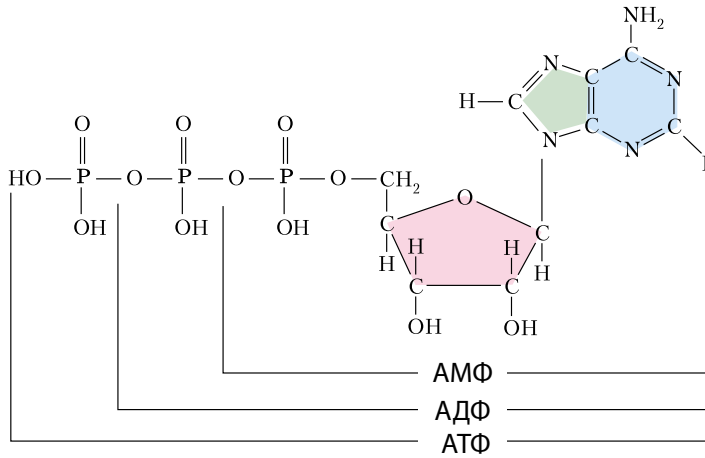
Просторова структура нуклеїнових кислот відіграє важливу роль у їх функціонуванні: якщо вона порушується, то порушуються і їх функції.

Аденозинтрифосфатна кислота

Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) — це нуклеотид, що відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини. Він переносить енергію. Аденозинтрифосфатна кислота складається із залишку нітратної основи (це аденін), пентози (це рибоза) та трьох залишків фосфатної кислоти (мал. 12.10).

Зі складу АТФ під впливом ферменту АТФ-ази відщеплюються залишки фосфатної кислоти. При відщепленні однієї молекули фосфатної кислоти АТФ переходить в АДФ (аденозиндифосфатна кислота), а якщо відщеплюються дві молекули фосфатної кислоти, АТФ переходить в АМФ (аденозинмонофосфатна кислота). Реакції відщеплення кожної молекули фосфатної кислоти супроводжуються вивільненням енергії, що дорівнює 419 кДж/моль. Щоб підкреслити високу енергетичну «вартість» ортофосфатно-оксигенового зв'язку в АТФ, його прийнято називати макроергічним зв'язком. В АТФ є два макроергічні зв'язки.

Завдяки своїй структурі молекула АТФ може віддавати енергію в ті реакції, де вона необхідна, перетворюючись на АДФ, а далі АДФ може приєднати залишок фосфатної кислоти з поглинанням 419 кДж/моль, відновивши запас енергії. Таким чином, АТФ відіграє центральну роль у клітинних перетвореннях енергії і є універсальним переносником енергії.



Мал. 12.10. АТФ, АДФ і АМФ

Опорні точки

За своєю структурою нуклеїнові кислоти — полімери, мономерами яких є нуклеотиди. Якщо до складу нуклеотиду в нуклеїновій кислоті входить рибоза, то таку кислоту називають рибонуклеїновою кислотою (РНК), якщо дезоксирибоза — дезоксирибонуклеїновою кислотою (ДНК). Молекула РНК є одноланцюговою, а молекула ДНК — дволанцюговою.

Відмінності в будові ДНК та РНК пов'язані з їх різними біологічними функціями.

АТФ — це нуклеотид, що відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому нуклеїнові кислоти дістали таку назву?
2. Які компоненти входять до складу нуклеотидів у молекулі РНК та ДНК?
3. У чому полягає зміст правила Чаргаффа?
4. Порівняйте будову молекул РНК і ДНК.
5. Порівняйте структурні рівні організації молекули ДНК та молекули білка.
6. Як структура молекули АТФ пов'язана з її біологічними функціями?

§ 13. Функції нуклеїнових кислот

Нуклеїнові кислоти

Кожний вид живих організмів має особливий, тільки йому притаманний набір білків. Саме білки є основою видової специфічності. Майже всі ознаки клітин та організму в цілому визначаються білками. Як утворюються тисячі білкових молекул без жодної помилки в розташуванні амінокислот? Структура білка не дозволяє їм самовідтворюватися. Інформація про послідовність амінокислот у білках зберігається в молекулах ДНК. ДНК кожної клітини несе в собі інформацію про структурні білки, що визначають форму клітини, про білки-ферменти, про білки-гормони та ін. Ця інформація називається **генетичною**.

Нуклеїнові кислоти виконують функції зберігання, передавання, зміни та реалізації спадкової інформації.

ДНК — носій генетичної інформації. Кожний білок представлений одним або декількома поліпептидними ланцюгами. Ділянка ДНК,

що несе інформацію про будову одного поліпептидного ланцюга білка, називається **геном**. Кожна молекула ДНК містить багато різних генів. Сукупність молекул ДНК клітини виконує функцію носія генетичної інформації: ДНК може її зберігати, передавати, змінювати й брати участь у процесі реалізації генетичної інформації.

Передача спадкової інформації. Реплікація ДНК

Спадкоємність генетичного матеріалу в поколіннях клітин та організмів забезпечується реплікацією молекул ДНК. **Реплікація** — це процес матричного синтезу молекули ДНК на матриці — молекулі ДНК.

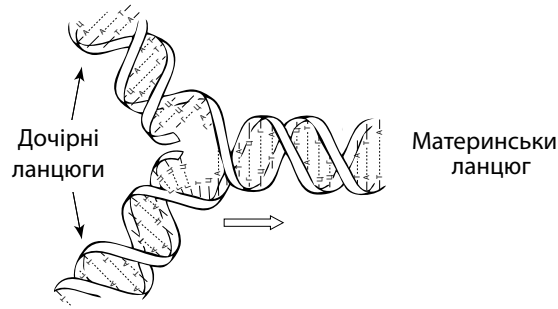
У результаті цього складного процесу, що здійснюється за допомогою ферментів, утворюються дві подвійні спіралі ДНК — дочірні молекули, що нічим не відрізняються одна від одної та від вихідної материнської молекули ДНК.

Реплікація відбувається у клітині перед поділом, тому кожна дочірня клітина отримує такі самі молекули ДНК, які мала материнська клітина.

Процес реплікації базується на принципах комплементарності і напівконсервативності.

Принцип комплементарності. Кожний із двох ланцюгів материнської молекули ДНК слугує матрицею, тобто основою, для синтезу комплементарного ланцюга, що доповнює його.

Принцип напівконсервативності. У результаті реплікації утворюються дві подвійні дочірні спіралі, кожна з яких зберігає в незмінному вигляді один полінуклеотидний ланцюг материнської ДНК. Другий полінуклеотидний ланцюг дочірньої молекули синтезується з нуклеотидів заново за принципом комплементарності нітратних основ (мал. 13.1).



Мал. 13.1. Схема реплікації ДНК

Функції РНК

Важливу роль у синтезі білка відіграє РНК. За виконуваними функціями виділяють кілька видів РНК.

Види РНК

Транспортна РНК (тРНК)

Молекули тРНК найкоротші: вони складаються лише із 80—100 нуклеотидів. Транспортні РНК в основному містяться в цитоплазмі клітини. Їхня функція полягає в перенесенні амінокислот до місця синтезу білка — рибосом (мал. 13.2).

Рибосомна РНК (рРНК)

рРНК належить до найбільших РНК, її молекули складаються із 3—5 тисяч нуклеотидів. Рибосомна РНК входить до складу рибосоми, тобто виконує структурну функцію.

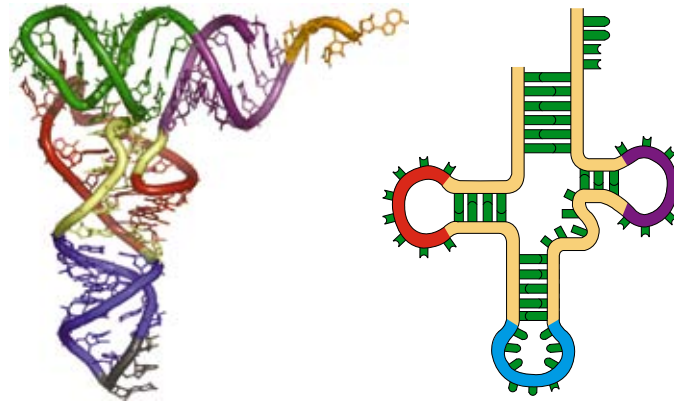
Інформаційна РНК (іРНК), або матрична (мРНК)

іРНК міститься в ядрі й цитоплазмі. Вона переносить інформацію про структуру білка від ДНК до місця синтезу білка в рибосомах.

Пригадайте

Рибосома — це органела, що забезпечує синтез білка.

Усі види РНК синтезуються на ДНК, що є матрицею, тобто основою, для їх синтезу.



а *б*

Мал. 13.2. Структура транспортної РНК:
а — модель молекули тРНК; *б* — схема будови тРНК

Реалізація спадкової інформації

Оскільки молекула ДНК може сама себе відтворювати, то вона може виконувати роль молекули, що передає генетичну інформацію наступному поколінню. Для цього в природі існує особливий спосіб запису — генетичний код.

Генетичний код — це спосіб запису послідовності амінокислот у молекулах білка за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах. **Ген** — це ділянка молекули ДНК, яка кодує послідовність амінокислот одного поліпептидного ланцюга.

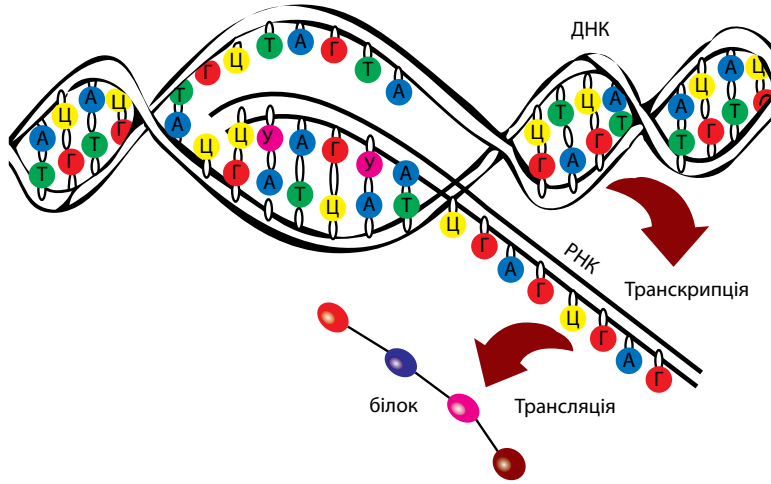
Як ви вже знаєте, у процесах реалізації спадкової інформації беруть участь молекули РНК трьох видів — іРНК, тРНК та рРНК. Усі вони синтезуються на матриці — молекулі ДНК. Процес синтезу всіх видів РНК на матриці ДНК називається **транскрипцією** (від латин. *transcriptio* — переписування). Транскрипція, як і реплікація, здійснюється за принципом комплементарності нітратних основ.

Наступний етап реалізації спадкової інформації — трансляція.

Трансляція — це процес синтезу білка на матриці — молекулі іРНК (мал. 13.3).

У синтезі білка беруть участь рибосоми, тРНК, ферменти, амінокислоти, молекули АТФ тощо.

Таким чином, завдяки унікальній будові нуклеїнові кислоти здатні до збереження, відтворення та передавання генетичної інформації.



Мал. 13.3. Загальна схема синтезу белка: транскрипція і трансляція

Опорні точки

Нуклеїнові кислоти виконують функції збереження, передавання, зміни та відтворення спадкової інформації.

Процес матричного синтезу молекули ДНК на матриці — молекулі ДНК — називають реплікацією. Реплікація — це процес самоподвоєння молекули ДНК, необхідний для передавання спадкової інформації.

У процесах відтворення спадкової інформації беруть участь молекули РНК трьох типів — іРНК, тРНК та рРНК.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконують нуклеїнові кислоти?
2. У якому вигляді в клітинах записано інформацію про послідовність амінокислот у білках?
3. Яку функцію виконують молекули іРНК?
4. Як молекула ДНК може сама себе відтворювати?
5. Чим процес транскрипції відрізняється від процесу реплікації? Що в них спільного?
6. Чому функцію передачі, збереження та відтворення спадкової інформації можуть виконувати тільки нуклеїнові кислоти?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Розв'язання елементарних вправ із транскрипції та реплікації. Вправи на моделювання реплікації та транскрипції

1. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів у ланцюзі ДНК, який буде синтезований на матриці — ланцюзі ДНК — з такою послідовністю нуклеотидів:

   ААА ГЦА ЦЦГ ЦАГ ГГГ АГГ ААА ЦТТ ТЦА ЦАТ

2. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів іРНК, яка буде синтезована на такому фрагменті ДНК:

   ААА ГЦА ЦЦГ ЦАГ ГГГ АГГ ААА ЦТТ ТЦА ЦАТ

3. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів фрагмента ДНК, на якому була синтезована іРНК з такою послідовністю нуклеотидів:

   АГГ АУУ АЦГ АУЦ УГЦ ГГГ ААА УУУ ГЦА ГАЦ

4. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів другого ланцюга ДНК, якщо один із них має таку послідовність:

   ТГГ ГГГ ЦГЦ ГЦГ ТТ ТАА ГАА ЦАА АТТ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3*

Розв'язання елементарних вправ із молекулярної біології

1. В одному ланцюзі ДНК кількість аденіну становить 16 %, кількість тиміну — 34 %, кількість гуаніну — 24 %, кількість цитозину — 26 %. Користуючись правилом Чаргаффа, визначте відсотковий вміст нуклеотидів у дволанцюговій молекулі ДНК.
2. В одному ланцюзі ДНК кількість аденіну становить 19 %, кількість тиміну — 31 %, кількість гуаніну — 8 %, кількість цитозину — 42 %. Користуючись правилом Чаргаффа, визначте відсотковий вміст нуклеотидів у дволанцюговій молекулі ДНК.

§ 14. Єдність хімічного складу організмів

Молекулярна логіка живого

Ви вже знаєте, що для утворення біологічних структур використовуються органічні сполуки. Їх ще називають **біомолекулами**. Ці молекули були відібрані в ході еволюції завдяки тому, що їхня структура дозволяє їм здійснювати процеси, що забезпечують життєдіяльність живих систем. В усіх організмах ці сполуки однакові.

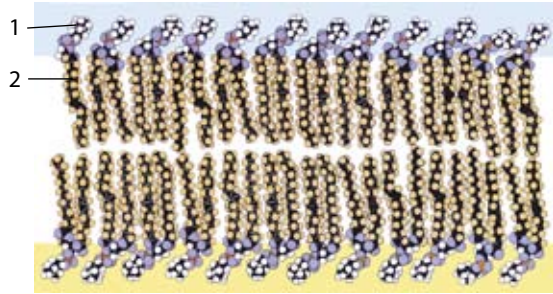
Розміри, форма й хімічні властивості біомолекул дозволяють їм виконувати функції будівельних білків під час створення складної структури клітин, брати участь у процесах перетворення речовин та енергії тощо. Біохіміки, вивчаючи органічні сполуки, завжди намагаються зрозуміти, з якою метою знадобилася живому організмові та чи інша молекула або хімічна реакція.

Молекули, з яких складаються живі організми, підпорядковуються всім відомим законам хімії, однак, окрім того, вони взаємодіють між собою відповідно до **закону молекулярної логіки живого**.

Такі властивості живого, як обмін речовин, спадковість, мінливість, ріст, розвиток, подразливість та інші, теж мають молекулярну основу.

Молекулярна логіка живого також єдина для всіх живих організмів. Наприклад, однаковим способом, за матричним принципом, синтезуються молекули ДНК. Однаковою в усіх організмів є загальна схема синтезу білка, що включає два етапи — транскрипцію та трансляцію.

В усіх живих організмів єдиний генетичний код. Універсальність генетичного коду й механізмів синтезу білка свідчить про біохімічну єдність усіх живих організмів.



Мал. 14.1. Біліпідний шар — основа клітинної мембрани: 1 — гідрофільні «головки»; 2 — гідрофобні «хвости»

В усіх клітинах подвійний шар фосфоліпідів є основою мембран. (мал. 14.1). Єдність будови мембран та подібність виконуваних ними функцій у різних клітинах також свідчить про хімічну єдність усіх живих організмів.

Хімічні елементи та неорганічні речовини

До складу всіх живих організмів входять певні елементи. Оксиген, Карбон, Гідроген та Нітроген — це хімічні елементи, яких у живих організмах більше, ніж інших. Саме вони є основою органічних сполук, що входять до складу клітин. Хімічні властивості живих організмів значною мірою залежать від Карбону, атоми якого утворюють ковалентні зв'язки та формують скелет органічних сполук.

Хімічний склад живої матерії відрізняється від хімічного складу, наприклад, земної кори. У живих клітинах Карбон становить 50—60 % сухої речовини, Нітроген — 8—10 %, Оксиген — 25—30 % та Гідроген — 3—4 %. А в земній корі на частку Карбону, Гідрогену та Нітрогену, узятих разом, припадає менш ніж 1 % її загальної маси.

Для різних організмів абсолютно необхідними є лише 27 із 92 природних хімічних елементів, присутніх у земній корі. Основні з них — це елементи, що входять до складу органічних сполук: Карбон (C), Оксиген (O), Гідроген (H), Нітроген (N), Фосфор (P), Сульфур (S).

Клітині також необхідні елементи, що зустрічаються у вигляді йонів: Натрій Na, Калій K, Магній Mg, Кальцій Ca та Хлор Cl.

Мікроелементи: Ферум (Fe), Силіцій (Si), Цинк (Zn), Манган (Mn), Кобальт (Co), Йод (I), Молібден (Mo), Ванадій (V), Нікол (Ni), Хром (Cr), Флуор (F), Селен (Se), Станум (Sn), Бор (B) та Арсен (As) — містяться в живих організмах у невеликих кількостях, але їх відсутність може призводити до серйозних порушень процесів життєдіяльності.

Рис. 14.2. Усі ці живі істоти мають схожий хімічний склад і єдину молекулярну логіку процесів життєдіяльності

Усі хімічні елементи перебувають в організмі або у вигляді йонів, або входять до складу тих чи інших сполук — молекул неорганічних та органічних речовин.

Схожість хімічного складу клітин усіх організмів є доказом єдності живої природи (мал.14.2). Разом із тим немає жодного хімічного елемента, що міститься в живих організмах, котрого не було б знайдено також у тілах неживої природи. Це є доказом єдності живої та неживої матерії.

Пригадайте

Більшість хімічних елементів, що містяться в живій матерії, мають порівняно невеликі порядкові номери в Періодичній системі хімічних елементів Д. І. Менделєєва, і лише у трьох із них порядкові номери перевищують 34. Це свідчить про елементну єдність живих організмів.

Із неорганічних сполук найбільш поширена в живих організмах вода. Єдність хімічного складу організмів виявляється і в тому, що всі структурні елементи живої клітини та їхні функції пристосовані до фізичних і хімічних властивостей води.

Органічні сполуки

Серед інших хімічних речовин живої клітини переважають органічні сполуки. Вони становлять у середньому 20—30 % маси організму.

До них належать білки, нуклеїнові кислоти та вуглеводи, а також ліпіди й низка інших молекул — гормонів, пігментів, амінокислот, нуклеотидів, АТФ. Кожна група органічних речовин у будь-якій клітині виконує схожі функції. Наприклад, у всіх клітинах білки виконують будівельну та ферментативну функції, фосфоліпіди є основою мембран, молекули АТФ використовуються як універсальний переносник енергії.

У всіх живих організмах у процесах збереження, передавання й реалізації спадкової інформації беруть участь нуклеїнові кислоти.

Для простих молекул, із яких побудовані всі макромолекули, характерна одна особливість: вони можуть виконувати в клітині декілька функцій. Наприклад, різні амінокислоти слугують не тільки мономерами білків, але є також попередниками гормонів, алкалоїдів, пігментів та багатьох інших біомолекул. Нуклеотиди використовуються не лише як мономери нуклеїнових кислот, а й як переносники енергії. Це є характерним для всіх організмів і також свідчить про єдність їхнього хімічного складу.

Опорні точки

Незважаючи на різноманітність живих організмів у природі, усі вони перебувають у безпосередній спорідненості один з одним, мають схожий хімічний склад, використовують для процесів життєдіяльності схожі хімічні реакції.

Усі властивості живого мають молекулярну основу, єдину для всіх живих істот. Схожість хімічного складу клітин усіх організмів є доказом єдності живої природи.

Універсальність генетичного коду й механізмів синтезу білка, єдність будови мембран і схожість виконуваних ними функцій у різних клітинах свідчать про хімічну єдність усіх живих організмів.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому в усіх організмах органічні сполуки однакові?
2. Про що свідчить єдність будови мембран та подібність виконуваних ними функцій у різних клітинах?
3. Що свідчить про елементну єдність живих організмів?
4. Які властивості живого мають молекулярну основу?
5. Які властивості та функції мають біомолекули?
6. Про що свідчить єдність будови мембран та схожість виконуваних ними функцій?
7. Доведіть, що молекулярна логіка живого теж єдина для всіх живих організмів.

§ 15. Особливості використання окремих хімічних речовин, хімічний склад продуктів харчування

Особливості використання окремих хімічних речовин

Швидкий розвиток хімічної промисловості спричинив появу великої кількості різноманітних товарів побутової хімії, якими ми щодня користуємося. За допомогою різних хімічних речовин ми перемо, підсинюємо та підкрохмалюємо білизну, чистимо килими й одяг, фарбуємо та клеїмо, доглядаємо за рослинами в кімнаті й на присадибній ділянці.

Сучасна людина щодня стикається із товарами побутової хімії, різними за призначенням, складом, зовнішнім виглядом. Перш ніж використовувати їх, слід уважно ознайомитися зі способами їх застосування. Це дозволить зрозуміти, наприклад, чи потрібно аерозольний балон струшувати перед використанням, чи є придбаний засіб універсальним чи він має чітке цільове призначення, яким є його гарантійний термін зберігання. Якщо дотримуватися правил поведінки, зазначених в інструкції, то будь-який, навіть отруйний, препарат побутової хімії буде безпечним.

За ступенем небезпеки для людини хімічні речовини поділяють на три групи: безпечні, отруйні, пожежонебезпечні.

До **безпечних хімічних речовин** належать мийні, підсинювальні та підкрохмалювальні засоби, багато відбілювальних та чистильних засобів, більшість мінеральних добрив.

До **отруйних хімічних речовин** належать засоби для боротьби з побутовими комахами та гризунами, хімічні засоби захисту рослин, деякі речовини для виведення плям та клейкі засоби, окремі види автокосметики.

До **пожежонебезпечних хімічних речовин** належать багато засобів для виведення плям, полірувальних та клейких засобів, препарати для догляду за виробами зі шкіри, деякі рідкі чистильні препарати, препарати в аерозольній упаковці.

Для правильного застосування товарів побутової хімії корисно мати деякі відомості щодо особливостей і властивостей синтетичних полімерних матеріалів — пластмас, плівок, волокон і тканин із них. Однією з найважливіших умов створення хімічної безпеки є основні правила техніки безпеки під час зберігання й застосування препаратів побутової хімії.

Правила застосування препаратів побутової хімії

1. Усі препарати слід застосовувати лише за прямим призначенням, чітко дотримуючись інструкцій та рекомендацій щодо їх використання.

2. Застосовувати можна лише ті препарати, які були придбані в магазині та мають етикетку на упаковці.
3. Усі засоби побутової хімії, навіть якщо це звичайний пральний порошок або кальцинована сода, слід зберігати в недоступних для дітей місцях і обов'язково окремо від продуктів харчування.
4. Під час робіт з пожежонебезпечними засобами не можна запалювати газові горілки, сірники, не можна палити, користуватися електронагрівальними приладами.
5. Працюючи з препаратами, що містять кислоти, луги тощо, слід одягати резинові рукавички, окуляри.
6. Не можна низько нахилятися над посудинами з хімічними речовинами, нюхати їх, сильно втягуючи повітря.
7. Працюючи з інсектицидами, слід використовувати захисні окуляри, респіратор та гумові рукавички.

Деяких додаткових застережних заходів необхідно дотримуватися, користуючись аерозольними балонами, тому що рідка суміш, що міститься у балоні під тиском, у більшості випадків є горючою. Їх не можна ставити поблизу джерел тепла (підвищення тиску може призвести до розриву балона), їх не можна розкривати навіть після використання, не можна викидати на вулиці, у лісі, у будь-якому місці, де їх можуть знайти діти. Під час роботи з балонами поблизу не має бути джерел відкритого вогню.

Хімічний склад продуктів харчування

Енергетичні витрати організму мають компенсуватися надходженням енергії з їжею. До складу повноцінного раціону входять поживні речовини п'яти класів: вуглеводи, жири, білки, вітаміни, неорганічні речовини та мікроелементи. Збалансоване харчування означає, що в їжі є білки, жири й вуглеводи у співвідношенні 1 : 1 : 4.

Слід ураховувати, що для нормального харчування необхідно понад 40 різних так званих незамінних речовин. Це ті речовини, яких організм людини та тварин сам синтезувати не може. До них належать 10 амінокислот, 12 вітамінів, більш ніж 20 неорганічних елементів та кілька поліненасичених жирних кислот.

Організм людини не може тривалий час обходитися без води, мінеральних речовин, вуглеводів, ліпідів, білків, вітамінів та харчових волокон, оскільки вони є корисними і необхідні для обміну речовин, росту й розвитку.

Біологічно активні добавки

Біологічно активні добавки (БАД) — це композиція натуральних (або ідентичних натуральним) біологічно активних речовин,

призначених для безпосереднього вживання з їжею або введення до складу продуктів харчування.

Біологічно активні добавки до їжі використовуються тільки в тому разі, якщо вони призначені лікарем з метою:

- поповнення недостатнього надходження з раціоном білка й окремих незамінних амінокислот, ліпідів і деяких жирних кислот, вуглеводів і цукрів, вітамінів, макро- й мікроелементів, харчових волокон;
- зменшення калорійності раціону, регулювання (зниження або підвищення) апетиту й маси тіла;
- зниження ризику розвитку захворювань;
- підтримування нормального складу й функціональної активності кишкової мікрофлори.

Правила використання БАД

1. Біологічно активні добавки призначаються виключно лікарем. Їх не можна використовувати на власний розсуд або за порадою друзів. Неправильне використання біологічно активних добавок може зашкодити організму людини.
2. Необхідно уважно вивчати інформацію про виробника БАД, оскільки на ринку чимало неякісної продукції. БАДи мають вироблятися згідно з міжнародним стандартом якості GMP (Good Manufactured Practice) для лікарських засобів.

Застосування медичних препаратів

Медичні препарати за неправильного застосування можуть зашкодити, тому необхідно дотримуватися правил зберігання й застосування лікарських препаратів.

Правила зберігання та застосування лікарських препаратів

1. Лікарські препарати призначаються лікарем, їх не можна використовувати на власний розсуд.
2. Необхідно уважно ознайомитися з інструкцією із застосування ліків та дотримуватися її.
3. Слід ураховувати термін придатності ліків. Ліки необхідно періодично продивлятися та викидати непридатні для застосування.
4. Зберігати ліки слід у спеціальній шафці із замком, розмістивши на різних полицях ліки для зовнішнього та внутрішнього застосування. Якщо в інструкції написано, що ліки необхідно зберігати у холодильнику, то слід виділити для них у холодильнику спеціальне місце.
5. Ліки мають зберігатися в недоступних для дітей місцях.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема. Ознайомлення з інструкціями з використання окремих хімічних речовин як медичних препаратів, засобів побутової хімії тощо й оцінювання їх небезпеки

Мета: навчитися користуватися інструкціями застосування медичних препаратів та засобів побутової хімії.
Обладнання: набір інструкцій до засобів побутової хімії та лікарських препаратів (на вибір учителя чи учнів).

Хід роботи

Завдання 1

1. Ознайомтеся з трьома інструкціями використання засобів побутової хімії.
2. Порівняйте правила використання та зберігання цих засобів. Що в них спільного та відмінного?
3. Зробіть висновок.
4. Сформулюйте основні правила з використання засобів побутової хімії.

Завдання 2

1. Ознайомтеся з трьома інструкціями із застосування лікарських препаратів.
2. Порівняйте правила використання й зберігання цих лікарських препаратів. Що в них спільного й відмінного?
3. Зробіть висновок.
4. Сформулюйте основні правила із застосування лікарських засобів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема. Оцінювання продуктів харчування за їхнім хімічним складом

Мета: навчити школярів оцінювати продукти харчування за їхнім хімічним складом.
Обладнання: таблиця «Калорійність і хімічний склад продуктів харчування».

Хід роботи

Завдання 1

1 Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як макарони та помідори. Що в їхньому складі спільного й відмінного?

Таблиця

Калорійність і хімічний склад продуктів харчування (у 100 г)

Продукт харчування	Ккал	Вода (г)	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)	Кальцій (мг)	Магній (мг)	Фосфор (мг)
Хліб житній	214	43,6	5,2	1,2	44,3	29	73	200
Хліб білий	240	33,7	6,0	0,7	52,9	20	31	98
Макарони	336	11,9	9,3	0,8	70,9	34	33	93
Картопля взимку	62	70,2	1,2	0,2	14,0	8	17	38
Капуста	22	90,1	1,2	0,2	4,1	38	12	25
Морква	27	86,8	0,9	0,3	5,7	43	21	39
Буряк	35	85,7	0,8	0,3	7,7	22	22	34
Гарбуз	18	91,1	0,3	0,2	4,2	17	10	11
Цукор	390	0,2	0	0	95,5	0	0	0
Молоко	62	87,3	3,0	3,5	4,5	120	14	95
Сир знежирений	141	72,5	12,9	8,5	3,3	164	15	151
Сметана	284	67,7	2,1	28,2	3,1	86	10	68
Сир голландський	313	34,6	20,9	23,6	2,0	684	12	525
М’ясо пісне	122	75,0	12,0	7,8	0	10	16	153
Яйця	127	73,7	9,0	9,7	0,3	39	10	104
Риба (тріска)	50	79,2	11,6	0,3	0	11	13	111
Печінка	109	71,6	16,0	4,7	2,8	17	20	315
Шоколад	482	1,6	5,3	22,2	63,4	92	48	455
Морозиво вершкове	206	59,8	3,9	12,1	21,3	122	14	105

2 Зробіть висновок.

Завдання 2

1. Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як цукор, молоко та гарбуз. Що в їхньому складі спільного й відмінного?
2. Зробіть висновок.

Завдання 3

1. Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як капуста й м'ясо пісне. Що в їхньому складі спільного й відмінного?
2. Зробіть висновок.

Завдання 4 (додаткове творче завдання)

1. Використовуючи таблицю, складіть раціональне меню для свого сніданку, обіду та вечері. Яким критерієм для його складання ви користуватиметеся?
2. Зробіть висновок.

Тестова перевірка знань за розділом I. Молекулярний рівень організації життя

Укажіть правильні відповіді

1. Правильні твердження:
а) жири належать до гідрофільних речовин;
б) вода має велику теплоємність і теплопровідність;
в) лужне середовище формується в клітині за умови надлишку протонів водню;
г) вода бере участь в утворенні структури молекул розчинних речовин.

2. До моносахаридів належать:
а) крохмаль;
б) глікоген;
в) глюкоза;
г) дезоксирибоза.

3. До дисахаридів належать:
а) сахароза;
б) мальтоза;
в) лактоза;
г) целюлоза.

4. Ліпіди виконують в організмі такі функції:
а) структурну;
б) регуляторну;
в) каталітичну;
г) є джерелами ендогенної води.

5. До складу молекули ДНК входять:
а) рибоза; в) глюкоза;
б) дезоксирибоза; г) фруктоза.

6. Основу клітинних мембран утворюють:
а) білки; в) воски;
б) фосфоліпіди; г) гліколіпіди.

7. Правильні твердження:
а) молекули води утримуються одна біля одної за рахунок ковалентних зв'язків;
б) молекули води утримуються одна біля одної за рахунок водневих зв'язків;
в) ковалентні зв'язки в 15—20 разів міцніші від водневих;
г) водневі зв'язки в 15—20 разів міцніші від ковалентних.

8. До полісахаридів належать:
а) крохмаль; в) глюкоза;
б) глікоген; г) мальтоза.

9. Вуглеводи виконують такі функції:
а) структурну; в) каталітичну;
б) енергетичну; г) є джерелами ендогенної води.

10. Мікроелементами є:
а) Кобальт; в) Хлор;
б) Калій; г) Бром.

11. Макроелементами є:
а) Кобальт; в) Цинк;
б) Калій; г) Йод.

12. Органогенними елементами є:
а) Натрій; в) Калій;
б) Карбон; г) Бром.

13. Ендемічні захворювання виникають унаслідок:
а) нестачі глікогену в організмі;
б) надлишку білків у їжі;
в) нестачі або надлишку вмісту певного хімічного елемента в середовищі;
г) нестачі або надлишку вмісту ліпідів у їжі.

14. До гексоз належить:
а) глюкоза; в) рибоза;
б) фруктоза; г) дезоксирибоза.

15. До ліпідів належать:
а) стероїди; в) фосфоліпіди;
б) сахароза; г) хітин.

16. При повному окисненні 1 г жирів до вуглекислого газу і води:
а) виділяється 38,9 кДж енергії;
б) виділяється 8,9 кДж енергії;
в) виділяється 138,9 кДж енергії;
г) енергія не виділяється.

17. Естрадіол (жіночий гормон) і тестостерон (чоловічий гормон) належать:
а) до білків;
б) ліпідів;
в) вуглеводів;
г) вітамінів.

18. Амінокислотні залишки в молекулі білка з'єднуються між собою:
а) водневим зв'язком;
б) пептидним зв'язком;
в) ковалентним зв'язком;
г) йонними взаємодіями.

19. Процес руйнування первинної структури білків називають:
а) ренатурацією;
б) необоротною денатурацією;
в) деструкцією;
г) оборотною денатурацією.

20. Амінокислоти, які організм тварин не може синтезувати, називаються:
а) основними;
б) замінними;
в) незамінними;
г) сульфуровмісними.

21. Фермент у процесі реакції:
а) не змінюється, але витрачається;
б) змінюється і витрачається;
в) не змінюється і не витрачається;
г) змінюється, але не витрачається.

22. До водорозчинних належить вітамін(-ни):
а) групи В;
б) групи С;
в) групи А;
г) Е.

23. Гормони можуть бути:
а) білкової природи;
б) похідними амінокислот;
в) ліпідної природи;
г) вуглеводами.

24. Мономером нуклеїнових кислот є:
а) нуклеозид;
б) нуклеотид;
в) амінокислота;
г) нітратна основа.

25. До складу нуклеотидів молекули ДНК входять:
а) рибоза;
б) тимін;
в) урацил;
г) дезоксирибоза.

26. До складу нуклеотидів молекули РНК входять:
а) рибоза;
б) тимін;
в) урацил;
г) цитозин.

27. Установіть відповідність між йоном та його біологічним значенням:

1) Cl^-;
2) F^-;
3) Fe^{3+};
4) Ca^{2+}.

а) є компонентом шлункового соку у вигляді хлоридної кислоти;
б) входить до складу емалі зубів;
в) забезпечує проведення нервових імпульсів;
г) входить до складу гемоглобіну;
д) у рослин входить до складу оболонки клітини, у тварин — до складу кісток і зубів, активізує зсідання крові.

28. Установіть відповідність між назвами структур білка та їхніми характеристиками:

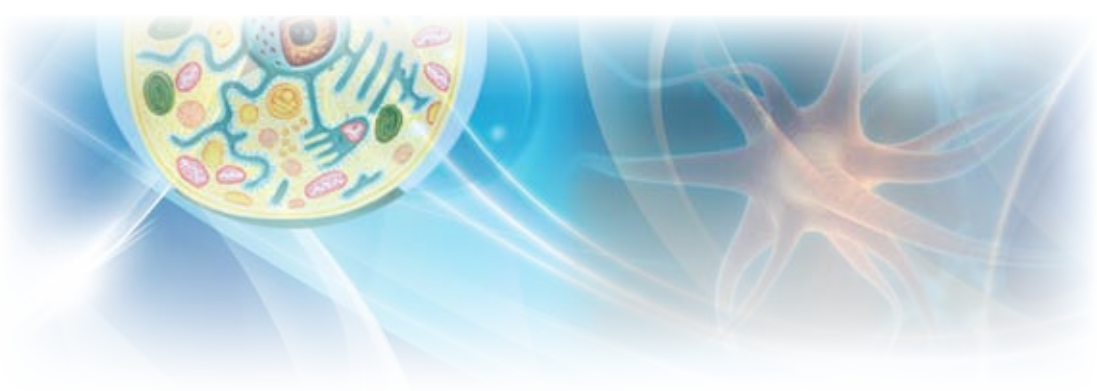
1) первинна;
2) вторинна;
3) третинна;
4) четвертинна.

а) кількість і послідовність амінокислот у поліпептидного ланцюга;
б) спосіб упаковки первинної структури в альфа-спіраль або бета-шар;
в) спосіб упаковки альфа-спіралі в просторову глобулу;
г) спосіб спільної упаковки декількох поліпептидних ланцюгів;
д) спосіб відновлення втрачених раніше водневих зв'язків.

29. Установіть відповідність між назвами білків і їхніми функціями:

1) пепсин;
2) гемоглобін;
3) казеїн;
4) інтерферон.

а) транспортна;
б) запасаюча;
в) гормональна;
г) ферментативна;
д) захисна.



РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Клітина

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- історію вивчення клітини;
- методи цитологічних досліджень;
- будову клітин прокаріотів і еукаріотів.

Навчитеся:

- розпізнавати клітини прокаріотів і еукаріотів;
- пояснювати взаємозв'язок будови та функцій клітинних органел;
- виготовляти деякі мікропрепарати.

§ 16. Історія вивчення клітини. Методи цитологічних досліджень

Історія вивчення клітини

Світ клітин, не видимий неозброєним оком, лишався повністю невідомим до середини XVII ст., поки люди не навчилися шліфувати лінзи та використовувати їх для розширення можливостей зору.

Одним із перших творців мікроскопа був англієць **Роберт Гук** — фізик, метеоролог, біолог, інженер, архітектор. У 1665 р. він видав альбом малюнків під назвою «Макрографія», у якому були представлені його спостереження під мікроскопом. Серед них був і тонкий зріз тканини дерева, структура якого нагадувала стільники, чітке й правильне розташування «мікроскопічних пор», або «клітин». Гук використовував слово «клітини» у його справжньому значенні, маючи на увазі маленькі камери на зразок чернечих келій. Це слово закріпилося в науці, набувши зовсім іншого значення.

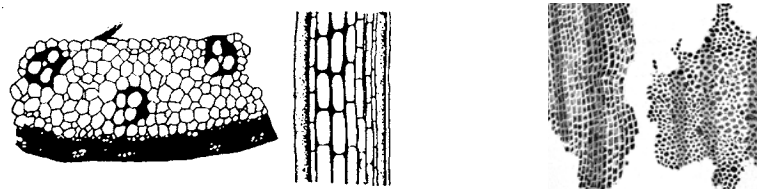
Одним з обдарованих сучасників Гука був голландець **Антоні ван Левенгук**, який створив понад двісті мікроскопів власної особливої конструкції. Вони складалися з невеликої скляної кульки, вставленої у мідну пластинку. Тримаючи такий пристрій поблизу ока і розглядаючи крізь кульку різні предмети, закріплені на кінчику голки, Левенгук домігся збільшення об'єктів у 270 разів і зробив видатні відкриття (мал. 16.1). Заслуговує на подив той факт, що Левенгуку вдалося побачити навіть бактерії, які він замалював із такою точністю, що фахівці й сьогодні можуть їх розпізнати.

Роберт Броун у 1833 р. відкрив у клітині ядро. Після 1825 р. **Ян Пуркіньє** розробив ефективні методики приготування та фарбування препаратів для мікроскопічної техніки. Поліпшення чіткості зображення мало такі важливі наслідки, що вже за кілька років можна було сформулювати загальну теорію, згідно з якою всі рослини й тварини складаються з клітин.

Пригадайте

Клітинну теорію запропонував для рослин у 1837 р. німецький ботанік **Матіас Шлейден,** а поширив на тваринний світ його друг, фізіолог **Теодор Шванн**. Дещо пізніше її доповнив **Рудольф Вірхов**, який у 1885 р. сформулював положення «Кожна клітина походить із клітини».

У середині XIX ст. клітинна теорія стала загальновизнаною і послужила основою для науки про клітину — **цитології**. До кінця XIX ст. було відкрито багато компонентів клітин. Учені описали їх і дали їм назви. З часом, однак, дослідники зіштовхнулися з перешкодою, яка здавалася нездоланною, оскільки була зумовлена самими законами фізики. Навіть за допомогою досить досконалих інструментів не можна було побачити ті деталі, розміри яких були менші за половину довжини хвилі світла (тобто менш ніж 0,25 мкм).



а *б*

Мал. 16.1. Малюнки рослинних клітин, зроблені А. Левенгуком (*а*) та Р. Гуком (*б*)

А у світі клітин такі розміри трапляються доволі часто. Уявіть собі, що у світі, який нас оточує, не можна розрізнити жодного предмета, якщо він менший за 25 см. Як багато всього зникне, ставши раптом невидимим!

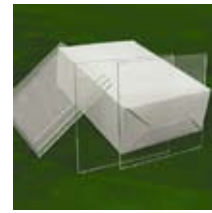
Але в 1945 р. цитологи вперше зазирнули до клітини за допомогою електронного мікроскопа та побачили багато невідомих раніше структур. Отже, вирішальна роль у розвитку цитології належить новим відкриттям в інших науках, зокрема у фізиці. Прогрес у цитології був неможливим до появи нових технічних засобів, наприклад електронного мікроскопа (мал. 16.2).

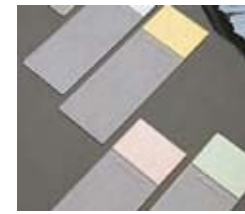
Методи цитологічних досліджень

Основним методом, яким користуються цитологи, **є метод світлової мікроскопії**. Він передбачає застосування світлового мікроскопа, але розглянути під світловим мікроскопом можна лише спеціально приготовлені **цитологічні препарати**.

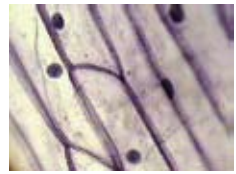
Для приготування препаратів цитологи використовують накривне та предметне стекла і спеціально підготовлені об'єкти, які можна розглядати (мал. 16.3). Головне, що необхідно,— це отримати один шар клітин так, щоб вони пропускали світло і щоб їхні структури можна було побачити в мікроскоп. Найчастіше ці структури безколірні, тому їх необхідно фарбувати спеціальними барвниками, щоразу різними, залежно від того, які структури бажано побачити. Існують два методи: **метод приготування давлених препаратів** — досліджуваний об'єкт просто розчавлюється в один шар між предметним та накривним склом; і **метод приготування тонких зрізів**, що складаються з одного шару клітин (мал. 16.4). Для приготування таких тонких зрізів існують спеціальні пристрої — ультрамікротоми. Обидва методи призначені для вивчення вже неживих клітин і дають змогу виготовити як тимчасові препарати, які можна розглядати протягом кількох днів, так і постійні препарати, що можуть зберігатися довгі роки (тому що залиті спеціальним бальзамом).

Мал. 16.2. Електронний мікроскоп





Мал. 16.3. Накривні та предметні стекла



Мал. 16.4. Препарат, що складається з одного шару клітин

Мал. 16.5. Синапс у флуоресцентному мікроскопі

Для вивчення живих клітин застосовують метод **фазово-контрастної мікроскопії**. Він базується на тому, що окремі ділянки прозорої клітини хоч і мало чим, але все ж таки відрізняються одна від одної за щільністю та світлопереломлюванням. Існують прилади, які допомагають вловити цю різницю та подати нашому оку світло-темне контрастне зображення живого об'єкта.

Вивчаючи живі клітини, застосовують також **метод флуоресцентної мікроскопії** (мал. 16.5). Зміст його полягає в тому, що цілий ряд речовин мають здатність світитися при поглинанні ними світлової енергії. Наприклад, якщо у флуоресцентний мікроскоп розглядати клітини рослин, то на темно-синьому тлі буде видно червоні зерна, що яскраво світяться,— це хлоропласти.

Пригадайте

Синапс — це спеціалізоване утворення, яке забезпечує перехід збудження з одного нейрона на інший або збудливу клітину (м'язову чи секреторну).

Існує метод, у якому використовуються мічені ізотопи — **метод авторадіографії** — реєстрації речовин, мічених ізотопами. За допомогою цього методу можна побачити, до яких частин клітини потрапляють речовини, мічені радіоактивними ізотопами. Це важливо для з'ясування особливостей функціонування клітини.

Пригадайте

Ізотопи — це різновиди атомів хімічного елемента, які мають однаковий заряд ядра, але різну відносну атомну масу.

Метод електронної мікроскопії відкрив цитологам ті структури клітини, які мають розміри, менші від довжини світлової хвилі. Завдяки цьому методу з'явилася можливість розглянути віруси та органели, на яких відбувається синтез білка (рибосоми).

Цитологи можуть також отримувати й вивчати різні компоненти клітини за допомогою **фракціонування клітин**. Клітину спочатку руйнують, а потім виділяють клітинні структури, використовуючи спеціальний пристрій — центрифугу. Відокремлені органели клітин можна вивчати за допомогою інших біохімічних методів.

Метод використання культури клітин є методом тривалого зберігання та вирощування у спеціальних живильних середовищах клітин, тканин, невеликих органів або їх частин, виділених з організму людини, тварини чи рослини. Важливою перевагою цього методу є можливість спостереження за життєдіяльністю клітин за допомогою мікроскопа. Методи використання культури клітин набув широкого застосування для відновлення різних тканин та органів.

Значення цитологічних методів у діагностиці та лікуванні захворювань людини

Цитологічні методи застосовуються в медицині для дослідження фізіологічного стану організму людини на основі вивчення будови клітин. Вони використовуються для виявлення захворювань крові, розпізнавання злоякісних та доброякісних пухлин, багатьох захворювань органів дихання, травлення, сечовиділення, нервової системи та їх лікування.

Один із розділів клітинної медицини присвячений вивченню стовбурових клітин. **Стовбурова клітина** — це незріла клітина, здатна до самооновлення та розвитку у спеціалізовані клітини організму. У дорослому організмі стовбурові клітини містяться в основному у кістковому мозку та в дуже невеликій кількості в усіх органах і тканинах.

Оскільки стовбурові клітини можуть перетворюватися на будь-які клітини організму залежно від того, де вони осідають, то їх можна використовувати для лікування багатьох захворювань.

Опорні точки

Історія розвитку цитології починається з XVII ст. одночасно зі створенням світлового мікроскопа. Прогрес у вивченні клітини тісно пов'язаний з успіхами розвитку мікроскопічної техніки та створенням різних методик приготування препаратів.

Основним методом, яким користуються цитологи, є метод світлової мікроскопії. До інших методів належать метод фазово-контрастної мікроскопії, метод використання культури клітин тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Який внесок зробив у розвиток цитології Р. Гук?
2. Чому деякі структури клітини неможливо побачити у світловий мікроскоп?

3. Які наслідки для розвитку науки мало покращення чіткості зображення світлового мікроскопа?
4. Чому прогрес у цитології був неможливим до появи нових технічних засобів, наприклад електронного мікроскопа?
5. Які методи застосовують учені для приготування цитологічних препаратів?
6. У чому полягають особливості методів фазово-контрастної мікроскопії?

§ 17. Будова клітин прокаріотів і еукаріотів

Єдність будови клітин

Відомо, що клітини є досить різноманітними. Їхня різноманітність настільки велика, що спочатку, розглядаючи клітини в мікроскоп, учені не помічали в них схожих рис або властивостей. Але потім з'ясували, що за всім різноманіттям клітин криється їхня принципова єдність, спільні для них прояви життя.

У чому ж клітини однакові?

Вміст будь-якої клітини відокремлений від зовнішнього середовища особливою структурою — **плазматичною мембраною** (плазмалемою). Ця відокремленість дозволяє створювати всередині клітини зовсім особливе середовище, не схоже на те, що її оточує. Тому в клітині можуть відбуватися ті процеси, які не відбуваються більше ніде. Їх називають **процесами життєдіяльності**.

Внутрішнє середовище живої клітини, обмежене плазматичною мембраною, називається **цитоплазмою**. Вона включає **гіалоплазму** (основну прозору речовину) та **клітинні органели**, а також різні непостійні структури — **включення**.

До органел, які є в будь-якій клітині, належать також **рибосоми**, на яких відбувається синтез білка.

Єдність будови всіх клітин є підтвердженням **єдності живого світу**.

Будова клітин еукаріотів

Еукаріоти — це організми, клітини яких, на відміну від клітин прокаріотів, мають ядро (мал. 17.1). **Ядро** — це найбільша органела еукаріотичної клітини, у якій зберігається і з якої переписується спадкова інформація, записана у хромосомах. **Хромосома** — це гігантська молекула ДНК, інтегрована з білками.

У ядрі міститься **ядерце** — місце, де утворюються інші важливі органели, що беруть участь у синтезі білка,— **рибосоми**. Але рибосоми

лише формуються в ядрі, а працюють вони (тобто синтезують білок) у цитоплазмі. Частина з них перебуває в цитоплазмі вільно, а частина прикріплюється до мембран, що утворюють сітку, яка дістала назву ендоплазматичної. Рибосоми — немембранні органели.

Ендоплазматична сітка — це сітка канальців, обмежених мембранами. Існує два типи ендоплазматичної сітки: гладенька та гранулярна. На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки розташовані рибосоми, тому в ній відбувається синтез та транспортування білків. А гладенька ендоплазматична сітка — це місце синтезу та транспортування вуглеводів і ліпідів. На ній рибосом немає.

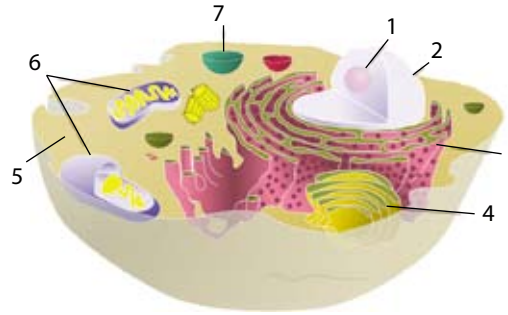
Для синтезу білків, вуглеводів та жирів необхідна енергія, яку в еукаріотичній клітині виробляють «енергетичні станції» клітини — мітохондрії.

Мітохондрії — двомембранні органели, у яких здійснюється процес клітинного дихання. На мембранах мітохондрій окиснюються органічні сполуки та накопичується хімічна енергія у вигляді особливих енергетичних молекул (АТФ).

У клітині також є місце, де органічні сполуки можуть накопичуватися і звідки вони можуть транспортуватися, — це **апарат Гольджі**, система плоских мембранних мішечків. Він бере участь у транспортуванні білків, ліпідів, вуглеводів. В апараті Гольджі утворюються також органели внутрішньоклітинного травлення — лізосоми.

Лізосоми — одномембранні органели, що є характерними для клітин тварин, містять ферменти, які можуть розщеплювати білки, вуглеводи, нуклеїнові кислоти, ліпіди.

Усі органели клітини працюють спільно, беручи участь у процесах обміну речовин та енергії.



Мал. 17.1. Будова еукаріотичної клітини:
1 — ядерце; 2 — ядро; 3 — ендоплазматична сітка; 4 — апарат Гольджі; 5 — цитоплазма; 6 — мітохондрії; 7 — лізосоми

У клітині можуть бути органели, що не мають мембранної будови, наприклад рибосоми і **цитоскелет**. Цитоскелет — це опорно-рухова система клітини, що включає мікрофіламенти, війки, джгутики, клітинний центр, який продукує мікротрубочки та центріолі.

Існують органели, характерні тільки для клітин рослин,— **пластиди**.

Пригадайте

Пластиди бувають трьох типів: **хлоропласти**, **хромопласти** та **лейкопласти**. У хлоропластах, як ви вже знаєте, відбувається процес фотосинтезу.

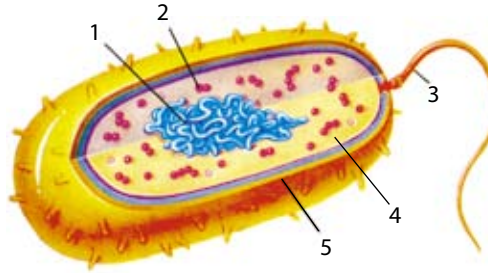
У клітинах рослин є також **вакуолі** — продукти життєдіяльності клітини, що є резервуарами води та розчинених у ній сполук.

До еукаріотичних організмів належать рослини, тварини та гриби.

Будова клітин прокаріотів

Прокаріоти — одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра та багатьох інших органел, які є в еукаріотів (мал. 17.2). Для всіх прокаріотичних клітин характерними є малі розміри (не більш ніж 10 мкм), збереження генетичного матеріалу у формі кільцевої молекули ДНК (**нуклеоїду**). До прокаріотичних організмів належать бактерії та ціанобактерії, які раніше називали синьо-зеленими водоростями (мал. 17.3).

Якщо в прокаріотів відбувається процес аеробного дихання, то для цього використовуються спеціальні випинання плазматичної мембрани — **мезосоми**. Якщо бактерії фотосинтезують, то процес фотосинтезу відбувається на фотосинтетичних мембранах — **тилакоїдах**.



Мал. 17.2. Будова прокаріотичної клітини:
1 — нуклеоїд; 2 — рибосоми; 3 — джгутик; 4 — цитоплазма; 5 — клітинна стінка

Мал.17.3. Різноманітні бактерії та ціанобактерії

Синтез білка в прокаріотів відбувається на рибосомах, але вони менші за розмірами, ніж рибосоми еукаріотів.

У прокаріотичній клітині мало органел, жодна з них не має двомембранної будови, внутрішні мембрани трапляються рідко. Якщо вони є, то на них відбуваються процеси дихання або фотосинтезу.

*Гіпотези походження органел еукаріотичних клітин**

Прокаріотичні клітини з'явилися на Землі раніше, ніж еукаріотичні. Загальновизнаним є той факт, що еукаріоти з'явилися в результаті симбіозу декількох різновидів прокаріотів (бактерій).

Симбіотична гіпотеза пояснює механізм виникнення деяких органоїдів еукаріотичної клітини — мітохондрій та фотосинтезуючих пластид. Імовірно, мітохондрії походять від аеробних еубактерій, пластиди — від ціанобактерій, а основна клітина — від якихось форм архебактерій.

Інша гіпотеза — **інвагінаційна** — стверджує, що походження еукаріотичної клітини виходить із того, що предковою формою був аеробний прокаріот. Органели в ньому виникли в результаті впинання та відшарування частин оболонки з подальшою функціональною спеціалізацією в ядро, мітохондрії, хлоропласти інших органел.

Проблема походження органел залишається відкритою.

Дізнайтеся більше

Найважливіша відмінність еукаріотичних організмів від прокаріотичних полягає в більш досконалій системі регулювання геному. Цьому сприяла поява клітинного ядра: ділянка активного обміну речовин — цитоплазма — відокремилася від ділянки зберігання, передавання та реалізації генетичної інформації. У результаті в еукаріотичних організмів різко підвищилася здатність адаптуватися до мінливих умов середовища, без внесення спадкових змін до геному.

Опорні точки

До структур, які є в будь-якій клітині, належать плазматична мембрана, цитоплазма та рибосоми. Єдність будови всіх клітин є підтвердженням єдності живого світу.

Еукаріоти — це організми, у клітинах яких є відмежоване двомембранною оболонкою ядро. Окрім ядра, у клітинах еукаріотів є такі органели, як мітохондрії, пластиди, апарат Гольджі, ендоплазматична сітка, лізосоми, цитоскелет та інші органели.

Прокаріоти — це одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра та багатьох інших органел, що є в еукаріотів. Для всіх прокаріотичних клітин характерними є малі розміри та збереження генетичного матеріалу у формі циклічної молекули ДНК — нуклеоїду.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості будови клітин еукаріотів?
2. У чому полягають особливості будови клітин прокаріотів?
3. Які характеристики спільні для будь-яких живих клітин?
4. Які функції можуть виконувати органели еукаріотичної клітини?
5. Чим відрізняється метод зберігання спадкової інформації у прокаріотів та еукаріотів?
6. Порівняйте симбіотичну та інвагінаційну гіпотези походження еукаріотичної клітини.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема. Особливості будови клітин прокаріотів і еукаріотів

Мета: вивчити особливості будови клітин прокаріотів й еукаріотів, навчитися розпізнавати клітини рослин, тварин, грибів та бактерій на мікрофотографіях, схемах, мікропрепаратах.

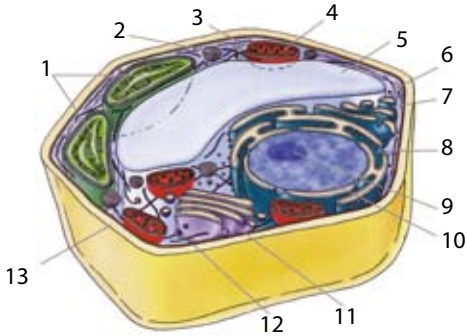
Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметне та накривне стекла, пінцети, скляні та дерев'яні палички, препарувальні голки, розчин йоду, розчин метиленової зелені з метановою кислотою, склянка з водою; постійні препарати бактерій, цибулина, препарат клітин гриба мукора; мікрофотографії бактерій, тваринних та рослинних клітин, клітин грибів.

Хід роботи

1. Ознайомтеся зі схемами будови тваринної і рослинної клітин.
2. Підготуйте мікроскоп до роботи.

Завдання 1. Вивчення клітин рослин.

1. Приготуйте препарат клітин шкірки цибулі. Під мікроскопом ви побачите клітини. Розгляньте їх.
2. Замалюйте клітини, які ви розглянули під мікроскопом.
3. Порівняйте побачене під мікроскопом з малюнком.



Будова рослинної клітини:
1 — хлоропласти; 2 — пероксисома; 3 — цитоскелет; 4 — мітохондрія; 5 — вакуоля; 6 — рибосома; 7 — гладенька ендоплазматична сітка; 8 — гранулярна ендоплазматична сітка; 9 — ядерце; 10 — ядро; 11 — апарат Гольджі; 12 — плазматична мембрана; 13 — клітинна стінка

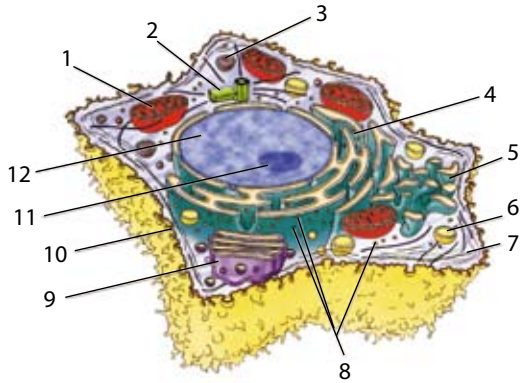
4. Зробіть висновки.

Завдання 2. Вивчення клітин тварин.

1. Приготуйте препарат епітелію шкіри жаби. З поверхні шкіри жаби час від часу цілими клаптями злущується білувата тонка плівочка, що складається з одного або двох шарів змертвілих клітин епітелію. Ця плівка завжди є в акваріумі, де утримують жаб. Невеликий шматочок плівочки (близько 0,5 см^2) помістіть у краплину води на предметне скло, розправте препарувальними голками від складок та накрийте накривним склом. Зафарбуйте плівку метиленовою зеленню з метановою кислотою. Після фарбування краще видно ядра клітин.

Замість препарату епітелію шкіри жаби можна зробити препарат епітелію людини. Для цього слід провести стерилізованою скляною паличкою по внутрішній поверхні щоки, перенести зіскребок на предметне скло та отримати в краплині слини препарат епітелію ротової порожнини.

2 Замалюйте клітини, які ви розглянули під мікроскопом. Порівняйте побачене під мікроскопом з малюнком.



Будова тваринної клітини: 1 — мітохондрія; 2 — центріоль; 3 — пероксисома; 4 — гранулярна ендоплазматична сітка; 5 — гладенька ендоплазматична сітка; 6 — лізосома; 7 — цитоскелет; 8 — рибосоми; 9 — апарат Гольджі; 10 — плазматична мембрана; 11 — ядерце; 12 — ядро

3 Зробіть висновки.

Завдання 3. Вивчення клітин бактерій.

1 Приготуйте препарат клітин бактерій. Для цього стерилізованою скляною або дерев'яною паличкою зіскребіть із поверхні зубів біля ясен наліт, що містить бактерії, перенесіть його на предметне скло та накрийте накривним склом.

2 Розгляньте препарат спочатку при малому, а потім при великому збільшенні.

3 Замалюйте клітини та їх частини, які ви побачили під мікроскопом.

4 Зробіть висновки.

Завдання 4. Вивчення клітин грибів.

1 Приготуйте препарат клітин грибів. Для цього необхідно зібрати плісняву білого кольору зі шматочка хліба або овочів — міцелій гриба мукора — і помістити її на предметне скло та накрити накривним склом.

2 Розгляньте препарат спочатку при малому, а потім при великому збільшенні.

3 Замалюйте клітини та їх частини, які ви побачили під мікроскопом.

4 Зробіть висновки.

§ 18. Клітинні мембрани. Транспортування речовин через мембрани. Поверхневий апарат клітини, його функції

Клітинні мембрани

Біологічні мембрани — це тонкі суміжні структури молекулярних розмірів, розташовані на поверхні клітин і субклітинних частин, а також канальців та пухирців, що пронизують протоплазму. Найважливішою функцією біологічних мембран є регулювання транспортування йонів, моносахаридів, амінокислот та інших продуктів обміну речовин.

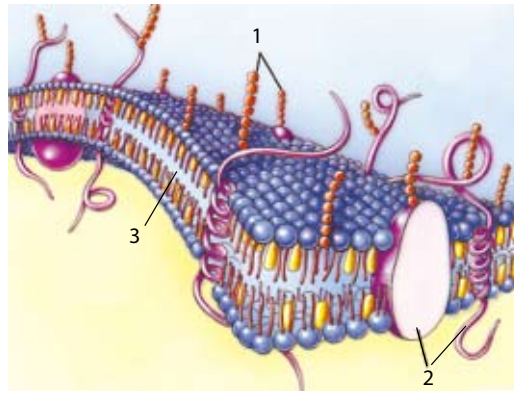
За допомогою електронного мікроскопа та рентгеноструктурного аналізу вченим вдалося показати спільність будови поверхневих клітинних мембран, мембран ендоплазматичної сітки, мітохондрій, клітинних ядер, лізосом, пластид тощо.

В основі будь-якої мембрани лежить подвійний шар фосфоліпідів.

Однак біліпідний шар — це ще не готова мембрана, а лише її основа. Із біліпідним шаром мають зв'язатися білки, які називають **мембранними білками**. Саме мембранні білки визначають багато властивостей мембран. Входять до складу мембран і вуглеводи, що утворюють комплекси з білками або ліпідами.

Сьогодні найбільш визнана рідинно-мозаїчна модель будови мембрани. Згідно з цією моделлю мембрана складається з шару біліпідів, у якому плавають (або закріплені) білкові молекули, утворюючи в ньому своєрідну мозаїку (мал. 18.1).

Будова мембрани відповідає її функціям: транспортній, бар'єрній та рецепторній.



Мал. 18.1. Рідинно-мозаїчна модель будови мембрани: 1 — вуглеводи, що об'єднані з білками; 2 — мембранні білки; 3 — біліпідний шар

Бар'єрна функція. Мембрана є бар'єром, який запобігає надходженню до клітини різних хімічних речовин та інших агентів.

Рецепторна функція. Поверхня мембрани має великий набір рецепторів, що роблять можливими специфічні реакції з різними агентами.

Транспортна функція. Через мембрану іде транспорт йонів і речовин.

Покриваючи клітину й відокремлюючи її від навколишнього середовища, біологічні мембрани забезпечують цілісність клітин та органел. Вона підтримує нерівномірний розподіл йонів Калію, Натрію, Хлору та інших йонів між протоплазмою й навколишнім середовищем. Усередині клітини концентрація йонів Na^+ нижча, ніж ззовні, а йонів K^+ — навпаки. Властивості біологічних мембран значною мірою визначають появу та проведення збудження в нервових і м'язових клітинах.

Електричні явища, пов'язані з мембранами, відіграють важливу роль у процесах отримування енергії, передавання сигналів та в інших процесах життєдіяльності.

Особливо важливою мембраною у клітині є **плазмалема** — поверхнева мембрана. Вона виконує бар'єрну, транспортну, рецепторну, сигнальну функції.

Транспортування речовин через мембрани

Існують два активні процеси, за допомогою яких різні матеріали транспортуються через мембрану,— **екзоцитоз** та **ендоцитоз** (мал. 18.2).

Із клітини речовини виводяться за допомогою екзоцитозу — злиття внутрішньоклітинних бульбашок із плазматичною мембраною. Наприклад, щоб секретувати інсулін, клітини, що продукують цей гормон, упаковують його у внутрішньоклітинні пухирці, які зливаються із плазматичною мембраною та відкриваються у зовнішньоклітинний простір, вивільняючи при цьому інсулін (мал. 18.2, *а*).

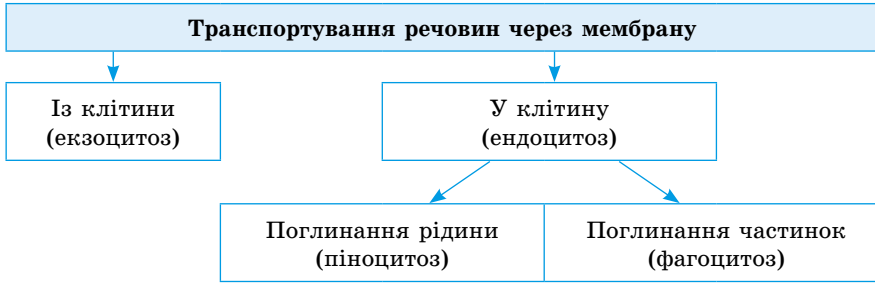
Мал. 18.2. Екзоцитоз (*а*) та ендоцитоз (*б*)

До клітини речовини можуть потрапляти за допомогою ендоцитозу. У процесі ендоцитозу плазматична мембрана утворює увігнутості та вирости, котрі потім, відшаровуючись, перетворюються на пухирці або вакуолі (мал. 18.2, *б*).

Залежно від розміру та вмісту бульбашок, що утворюються, розрізняють два типи ендоцитозу:

— **піноцитоз** — поглинання рідини та розчинених речовин за допомогою невеликих пухирців;

— **фагоцитоз** — поглинання великих частинок, таких як мікроорганізми або залишки клітин.



У випадку фагоцитозу утворюються великі бульбашки, що називаються вакуолями. Завдяки фагоцитозу відбувається поглинання бактерій, великих вірусів, відмерлих клітин організму або чужорідних клітин.

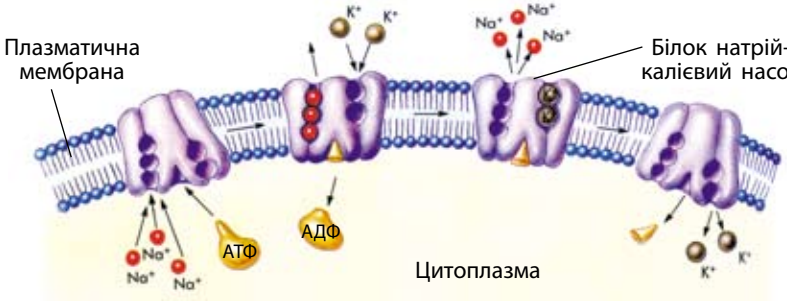
Молекули проходять через мембрани завдяки трьом різним процесам: простій дифузії, полегшеній дифузії, активному транспортуванню.

Проста дифузія — це приклад пасивного транспортування, що проходить із зони з більшою концентрацією молекул до зони з меншою концентрацією. Тобто його напрямок визначається лише різницею концентрацій речовини по обидва боки від мембрани, так званим градієнтом концентрації. Шляхом простої дифузії до клітини проникають неполярні (гідрофобні) речовини, розчинні в ліпідах, та дрібні незаряджені молекули (наприклад, вода).

Однак більшість речовин, необхідних клітинам, переноситься через мембрану за допомогою занурених у неї транспортних білків.

Розрізняють дві основні форми транспортування за допомогою переносників: полегшена дифузія та активне транспортування.

Полегшена дифузія зумовлена градієнтом концентрації, і молекули рухаються відповідно до цього градієнта. Проте якщо молекула заряджена, то на її транспортування впливає як градієнт концентрації, так і мембранний потенціал.



Мал. 18.3. Приклад активного транспортування: натрій-калієвий насос

Активне транспортування — це перенесення розчинених речовин проти градієнта концентрації з використанням енергії АТФ. Енергія необхідна тому, що речовина має рухатися, всупереч своєму природному прагненню рухатися за дифузією, у протилежному напрямку. Прикладом може бути натрій-калієвий насос. За законами дифузії йони Na^+ постійно рухаються всередину клітини, а йони K^+ — з клітини. Порушення необхідної концентрації цих йонів спричиняє загибель клітини. Для запобігання цьому в зовнішній мембрані клітини є спеціальний білок, який транспортує йони Na^+ з клітини, а йони K^+ в клітину проти градієнта концентрації з використанням енергії АТФ (мал. 18.3).

*Поверхневий апарат клітини**

Будь-який різновид клітин прокаріотів та еукаріотів складається із трьох частин: поверхневого апарату, цитоплазми, ядерного апарату.

Поверхневий апарат клітини виконує три функції, універсальні для всіх різновидів клітин: бар'єрну, транспортну, рецепторну.

Окрім того, в окремих різновидах клітин поряд із загальними функціями він може здійснювати й низку специфічних функцій, притаманних лише даному типу клітин (наприклад, механічна тургорна функція клітинної стінки в рослинних клітинах).

Поверхневий апарат клітин складається з трьох систем: плазматичної мембрани, надмембранного комплексу і субмембранного (тобто підмембранного) опорно-скорочувального апарату.

Плазматична мембрана, або **плазмалема**,— це найбільш постійна, основна, універсальна для всіх клітин система поверхневого апарату. Під нею розташована **субмембранна система**, яка бере участь у трансмембранному транспортуванні та рецепції (сприйняття навколишнього середовища клітини) і є частиною цитоплазми.

Надмембранні структури поверхневого апарату здійснюють взаємодію клітин із зовнішнім середовищем або з іншими клітинами. У процесі еволюції надмембранні структури набувають найважливішого значення і в реалізації інших специфічних функцій: тургорної, механічної, рухової та деяких інших.

У клітин тварин надмембранний комплекс, або **глікокалікс**, перебуваючи в безпосередньому контакті із зовнішнім середовищем, відіграє важливу роль у рецепторній функції клітин. Глікокалікс складається з вуглеводів, він порівняно тонкий і еластичний.

До **похідних надмембранних структур** належить клітинна стінка. Її мають клітини рослин, грибів і бактерій. Клітинна стінка рослин містить целюлозу, грибів — хітин, бактерій — муреїн. Вона достатньо тверда і на відміну від глікокаліксу не стискається.

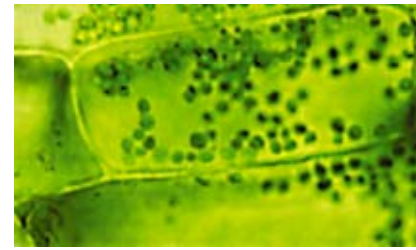
Через клітинну стінку проходить вода, солі, молекули багатьох органічних речовин.

Явище плазмолізу й деплазмолізу в клітинах рослин

Плазмоліз (від грец. *plasma* — виліплене, оформлене та *lysis* — розкладання, розпад) — це відділення цитоплазми від оболонки при зануренні клітини в гіпертонічний, тобто концентрованіший ззовні, розчин (мал. 18.4). Плазмоліз характерний головним чином для рослинних клітин, що мають міцну целюлозну оболонку. Якщо тваринні клітини занурити в гіпертонічний розчин, то вони стискаються.

Іноді плазмолізовані клітини залишаються живими. Якщо занурити такі клітини у воду, у якої концентрація солей нижча, ніж у клітині, відбувається деплазмоліз.

Деплазмоліз — це повернення цитоплазми клітин рослин зі стану плазмолізу у вихідний стан.



Мал. 18.4. Плазмоліз і деплазмоліз під мікроскопом

Опорні точки

Біологічні мембрани — це тонкі суміжні структури, що розташовані на поверхні клітин та субклітинних частинок, а також канальців та бульбашок, що пронизують цитоплазму.

До біологічних функцій мембран належать транспортна, бар'єрна та рецепторна функції. У виконанні цих функцій бере участь також поверхневий апарат клітини, який складається з трьох систем: плазматичної мембрани, надмембранного комплексу, субмембранного комплексу.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості ендоцитозу?
2. Чим активне транспортування через мембрану відрізняється від пасивного?
3. Порівняйте поверхневий апарат клітин рослин і тварин.
4. Порівняйте різні види мембранного транспортування.
5. Як структура мембрани пов'язана з її функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема. Спостереження явища плазмолізу та деплазмолізу в клітинах рослин

Мета: переконатися, що в клітинах рослин відбувається рух цитоплазми, поспостерігати за процесом плазмолізу й деплазмолізу.

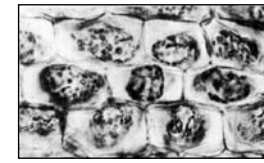
Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметні й покривні стекла, градуйовані піпетки, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9%-й водний розчин натрій хлориду, листок елодеї.

Хід роботи

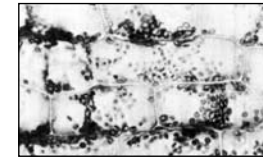
1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Приготуйте предметне скло. За допомогою піпетки нанесіть на нього краплю води.
3. Приготуйте препарат живих клітин листка елодеї: цілий листок елодеї покладіть на предметне скло, накрийте накривним.
4. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа. Знайдіть на препараті тонку ділянку, де добре видно клітини. Розгляньте знайдену ділянку при великому збільшенні. Замалюйте її.

Зверніть увагу на те, що цитоплазма притиснута до клітинних стінок. Клітини перебувають у стані повного насичення водою — стані тургору.

5 Щоб поспостерігати явище плазмолізу — відшарування цитоплазми із включеннями від клітинної стінки, — замініть воду під покривним склом на розчин натрій хлориду. Капніть піпеткою розчин натрій хлориду на край накривного скла, а з іншого боку прикладіть фільтрувальний папір для видалення води з-під накривного скла. Замалюйте побачене. Порівняйте побачене з мікрофотографіями.



Щоб поспостерігати явище деплазмолізу — відновлення об'єму цитоплазми, — замініть розчин натрій хлориду під покривним склом на дистильовану воду. Замалюйте побачене. Порівняйте побачене з мікрофотографіями.



6 Зробіть висновок.

§ 19. Ядро. Будова ядра. Функції ядра

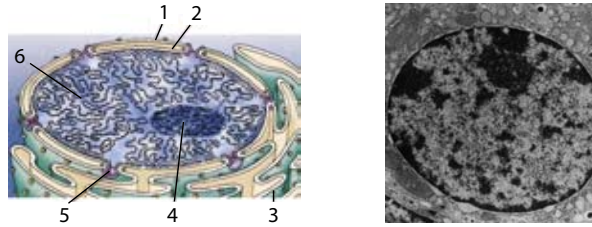
Будова ядра

Ядерний апарат еукаріотичних клітин має низку особливостей. У ньому ДНК-вмісний компонент відокремлений від цитоплазми спеціальною ядерною оболонкою, ДНК у ядрі еукаріотів у тисячі разів більше, ніж у складі нуклеоїдів бактерій, вона утворює складний комплекс із білками, який називають **хроматином**. Хроматин є структурним компонентом **хромосом**. У ядрах не відбувається синтез білків, у них синтезуються лише молекули ДНК й РНК.

Пригадайте

Термін «ядро» вперше використав Роберт Броун у 1833 р. для позначення кулястих постійних структур у клітинах рослин. Пізніше таку саму структуру описали в усіх клітинах еукаріотичних організмів.

У клітині зазвичай одне ядро, але трапляються й багатоядерні клітини. Ядро включає в себе **ядерну оболонку**, що відокремлює його від цитоплазми, **хромосоми**, **ядерце**, **ядерний білковий скелет — матрикс, каріоплазму (або ядерний сік)** (мал. 19.1).



а *б*

Мал. 19.1. Схема будова ядра (*а*): 1 — зовнішня мембрана; 2 — внутрішня мембрана; 3 — мембрани гранулярної ендоплазматичної сітки; 4 — ядерце; 5 — ядерні пори; 6 — хроматин; мікрофотографія (*б*)

Оболонка ядра складається із двох мембран — зовнішньої та внутрішньої. Зовнішня ядерна мембрана з поверхні, зверненої до цитоплазми, має на собі рибосоми, внутрішня мембрана є гладкою. Внутрішня мембрана контактує із хромосомним матеріалом ядра. Ядерна оболонка має пори, через які відбувається транспорт речовин.

Головний компонент ядра — **хроматин** (від грец. *chroma* — забарвлення, колір) — є структурою, що виконує генетичну функцію клітини, він формує хромосоми. Хроматин містить спадкову інформацію про розвиток організму, забезпечуючи її збереження й реалізацію, відіграє керівну роль у життєдіяльності клітини. Хроматин складається із ДНК, об'єднаної з білками. Він може перебувати у двох структурно-функціональних станах: у робочому, коли він бере участь у синтезі нуклеїнових кислот (тоді його не можна побачити у світловий мікроскоп), і в неактивному, коли цей синтез не відбувається, а клітина ділиться (тоді його можна побачити у світловий мікроскоп).

Під час поділу клітини хроматин максимально конденсований та виявляється у вигляді щільних тілець — хромосом. Такі хромосоми не є активними і не беруть участі в синтезі ДНК або РНК.

Ядерце є ділянкою хромосоми, на якій відбувається синтез рибосомних РНК та утворення рибосоми. У ядрах різних клітин, а також у ядрі однієї й тієї самої клітини залежно від її функціонального стану кількість ядерець може коливатися від 1 до 5—7 й більше.

Між усіма компонентами ядра розташований рідкий компонент клітинного ядра — **каріоплазма** (або ядерний сік), у якій відбувається багато біохімічних процесів. У каріоплазмі є вільні нуклеотиди, необхідні для побудови молекул ДНК й РНК, амінокислоти, усі види РНК, а також продукти діяльності ядерця та хроматину, що транспортуються потім у цитоплазму.

Ядро бере участь у збереженні, передаванні та реалізації спадкової інформації, а також у регулюванні процесів обміну речовин, що відбуваються у клітині.

Без'ядерна клітина не може довго існувати, і ядро також не здатне до самостійного існування, тому цитоплазма та ядро утворюють взаємопов'язану й взаємозалежну систему.

Історія відкриття функцій ядра

Значення ядра як сховища генетичного матеріалу було встановлене експериментально. Німецький біолог Хаммерлінг продемонстрував найважливішу роль ядра в експериментах на одноклітинній морській водорості ацетабулярії.

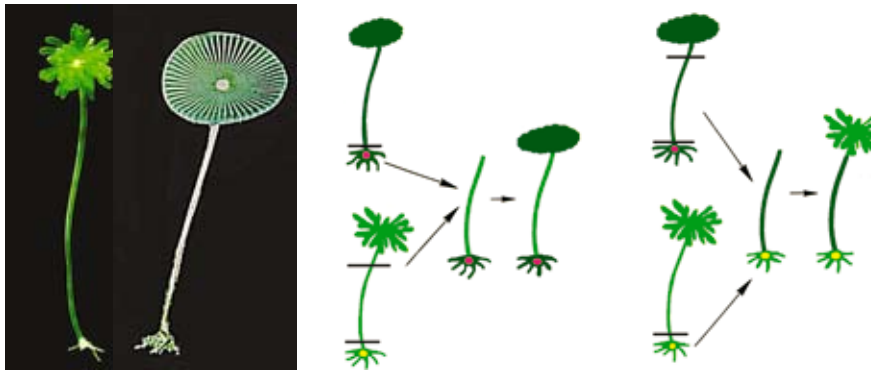
Різні види ацетабулярій відрізняються передусім будовою «шапочки». У середземноморської ацетабулярії, наприклад, «шапочка» кругла й увігнута, а в ацетабулярії Веттштейна вона розсічена на лопаті і схожа на квітку.

Було проведено такий експеримент: ніжку без «шапочки» від середземноморської ацетабулярії пересадили на ризоїди ацетабулярії Веттштейна. Отримали «вегетативний гібрид». Він швидко надбудував собі «шапочку», і вона виявилася розсіченою на лопаті. Це означало, що саме ядро визначає особливості будови «шапочки» (мал. 19.2).

Опорні точки

Ядро еукаріотичної клітини включає в себе ядерну оболонку, що відділяє його від цитоплазми, хромосоми, ядерце, ядерний білковий скелет — матрикс, каріоплазму (або ядерний сік).

Ядро бере участь у збереженні, передаванні та реалізації спадкової інформації, а також у регулюванні процесів обміну речовин, що відбуваються в клітині.



Мал. 19.2. Схема експерименту на одноклітинній морській водорості ацетабулярії

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконує клітинна оболонка?
2. Що є головним компонентом ядра?
3. Які особливості є характерними для ядерного апарату клітини?
4. Які функції в ядрі виконує ядерце?
5. Чому без'ядерна клітина не може довго існувати?
6. Як хімічний склад хроматину пов'язаний із його функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5*

Тема. Мікроскопічна й ультрамікроскопічна будова ядра

Мета: розглянути мікроскопічну та ультрамікроскопічну будову ядра.
Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати рослинних і тваринних клітин, на яких можна розглянути мікроскопічну та ультрамікроскопічну будову ядра, фотографії із зображенням мікроскопічної та ультрамікроскопічної будови ядра.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Розгляньте на препаратах основні компоненти ядра: оболонку, хроматин, ядерце, хромосоми. Замалюйте їх. Зробіть висновок про значення цих структур.
3. Розгляньте на фотографії зображення ядерної оболонки з порами. Замалюйте побачене.
4. Зробіть висновок про значення цих структур.

§ 20. Будова клітин прокаріотів. Нуклеоїд прокаріотичних клітин

Прокаріотичні організми

Будова прокаріотичних організмів дуже проста, тому їх виокремлюють у самостійне царство Дроб'янки.

Типові прокаріотичні клітини — це бактерії. Розміри бактеріальних клітин коливаються від 1 до 10—15 мкм. За формою виділяють кулясті клітини — коки, витягнуті — палички, або бацили, та звиті — спірили. Існують і інші форми бактерій (мал. 20.1).

Мал. 20.1. Різноманітні форми бактерій

Залежно від того, до якого виду належать мікроорганізми, вони існують або окремо, або утворюють характерні скупчення. Наприклад, стрептокок (мал. 20.2), що спричиняє запальні захворювання в людини й тварин, утворює ланцюги з декількох бактеріальних клітин; стафілокок, що уражає дихальні шляхи в дітей, існує у вигляді утворень, які нагадують виноградне гроно (мал. 20.3). За характером таких скупчень бактеріальних клітин і за особливостями їхньої життєдіяльності мікробіологи можуть визначити, до якого виду належить мікроорганізм.

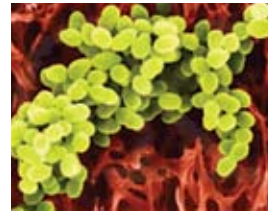
Стафілококи є повсюдно поширеними мікроорганізмами, частина з них живе на шкірі й слизових оболонках, не спричиняючи негативних наслідків. Захворювання у людини найчастіше зумовлюють патогенні види, часто стійкі до антибіотиків.

Для багатьох прокаріотів характерним є **спороутворення**. Спори утворюються, як правило, через брак поживних речовин або накопичення в середовищі надлишків продуктів обміну речовин. Спора оточена клітинною стінкою, часто багатошаровою. Процеси життєдіяльності всередині спор практично припиняються (мал. 20.4).

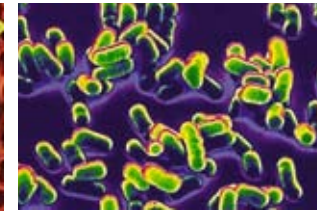
Дізнайтеся більше

Спори бактерій у сухому стані дуже стійкі. У такому стані вони зберігають життєздатність багато сотень і навіть тисячі років, витримуючи різкі коливання температури.

Мал. 20.2. Стрептококи



Мал. 20.3. Стафілококи



Мал. 20.4. Спори бактерій

Будова клітин прокаріотів

Клітини прокаріотів мають клітинну стінку. Вона надає клітині певної форми, захищає її вміст від впливу несприятливих умов середовища та виконує низку інших функцій. Основу клітинної стінки бактерій, як і всіх прокаріотів, становить полісахарид **муреїн**.

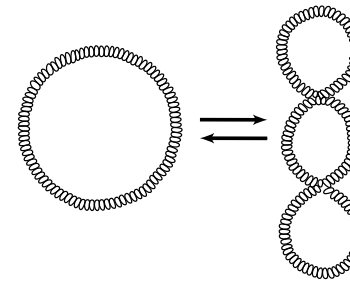
Усередині бактеріальної клітини осмотичний тиск у декілька разів, а іноді й у десятки разів вищий, ніж у зовнішньому середовищі. Тому клітина швидко розірвалась би, якби не була захищена такою міцною структурою, як клітинна стінка.

Багато видів бактерій оточені слизовою капсулою, яка служить додатковим захистом для клітин. Товщина капсули може в багато разів перевищувати діаметр самої клітини, а іноді вона настільки тонка, що її можна побачити лише завдяки електронному мікроскопу. Капсула не є обов'язковою частиною клітини, вона утворюється залежно від умов, у які потрапляє бактерія. Вона служить захисним покривом та бере участь у водному обміні, запобігаючи висиханню клітини. За хімічним складом капсули найчастіше є полісахаридами.

Бактерії часто мають органоїди руху — джгутики, кількість яких може бути від 1 до 50 (мал. 20.5). В одних бактерій джгутики розташовані на одному кінці клітини, в інших — на двох або на всій поверхні. Спосіб розташування джгутиків є однією з характерних ознак при класифікації рухомих форм бактерій.

У цитоплазмі водних і ґрунтових бактерій, які не мають джгутиків, є газові вакуолі. Регулюючи кількість газу у вакуолях, водні бактерії можуть занурюватись у товщу води або підніматися на її поверхню, а ґрунтові — пересуватися в капілярах ґрунту.

Мал. 20.5. Різні бактерії з джгутиками



Мал. 20.6. Кільцева молекула ДНК, розташована у нуклеоїді (*а*), може додатково спіралізуватися (*б*)

У цитоплазмі клітин бактерій часто містяться гранули різної форми та розмірів. Це запасні речовини — полісахариди (наприклад крохмаль, глікоген), жири, поліфосфати, сірка. Ці речовини, включаючись в обмінні процеси, можуть підтримувати життя клітини за відсутності зовнішніх джерел енергії.

Нуклеоїд прокаріотичної клітини

Спадкова інформація прокаріотів міститься в **нуклеоїді**. «Нуклеоїд» означає «подібний до ядра». У ньому розташована велика кільцева дволанцюгова молекула ДНК, довжина якої у 700—1000 разів перевищує довжину самої клітини (мал. 20.6). Нуклеоїд не має мембрани, ядерця та набору хромосом. Фактично це частина цитоплазми, де розташована кільцева ДНК. Крім того, у більшості прокаріотів у цитоплазмі є ще й дрібні кільцеві молекули ДНК, що мають назву **плазмід**.

У бактерій ДНК упакована менш щільно, на відміну від ДНК справжніх ядер.

Опорні точки

Прокаріотичні організми давні та малі за розмірами. Клітини прокаріотів оточені клітинною стінкою. Багато видів бактерій мають зовні слизову капсулу, що служить захисним покривом клітини й бере участь у водному обміні, захищаючи клітину від висихання.

Основна особливість будови прокаріотів — це відсутність ядра та наявність нуклеоїду, що виконує його функції.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконує клітинна стінка прокаріотів?
2. Які характеристики прокаріотів є важливими для їх класифікації?
3. Що ви знаєте про органели руху прокаріотів?
4. Із чого складається нуклеоїд прокаріотичних клітин?
5. Чим відрізняються грампозитивні та грамнегативні бактерії?
6. У чому полягає подібність і відмінності прокаріотичних та еукаріотичних клітин?

Теми для проектної і групової роботи

1. Історія вивчення клітини.
2. Сучасні методи цитологічних досліджень (на вибір учнів).
3. Практичне значення цитологічних досліджень (на вибір учнів).

Тема 2. Цитоплазма та її компоненти

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- мембранні і немембранні органели еукаріотичної клітини та їхні функції;
- процеси синтезу білка;
- процеси гліколізу і клітинного дихання;
- процес фотосинтезу.

Навчитеся:

- характеризувати цитоплазму, її складові;
- пояснювати значення гліколізу, фотосинтезу, клітинного дихання;
- застосовувати знання про вплив факторів зовнішнього середовища на клітини для профілактики захворювань людини.

§ 21. Цитозоль (гіалоплазма), органели, включення

Цитозоль (гіалоплазма)

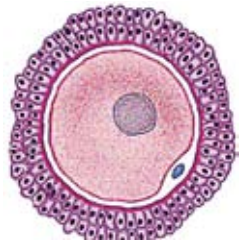
Цитоплазма — це позаядерна частина клітини живих організмів. **Цитозоль (гіалоплазма)** — це частина цитоплазми, що займає простір між мембранними органелами. Зазвичай цей простір займає близько половини загального об'єму клітини.

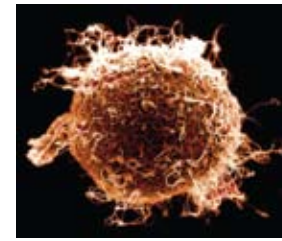
До складу цитозоля входять рибосоми, ферменти та інші білки. Оскільки білки становлять близько 20 % маси цитозоля, правильніше буде уявляти його як високоорганізований гель, а не як розчин ферментів.

Цитоплазма постійно рухається, перетікає всередині живої клітини, пересуваючи разом із собою різні речовини, включення та органоїди. Цей рух називається **циклозом**. У мертвих клітинах циклоз припиняється.

Цитоплазма здатна до росту та відтворення і за умови часткового видалення може відновлюватися. Однак нормально функціонує цитоплазма тільки в присутності ядра. Без нього цитоплазма довго існувати не може, так само як і ядро без цитоплазми (мал. 21.1).

Найважливіша роль цитоплазми полягає в об'єднанні всіх клітинних структур та забезпеченні їх хімічної взаємодії. Адже саме в цитоплазмі відбувається більшість процесів життєдіяльності клітини.





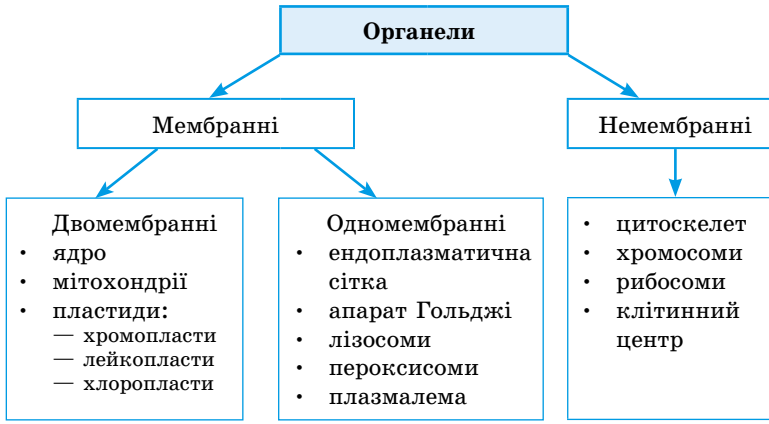
Мал. 21.1. Особливо важливу роль цитоплазма відіграє у яйцеклітині, визначаючи разом із ядром майбутній розвиток зиготи

Органели і включення

Органелами називаються структури клітини, які постійно в ній присутні, мають певну будову, місцерозташування та виконують певні функції.

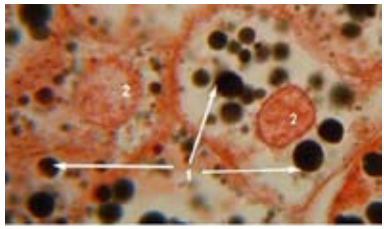
Органели, постійно присутні в усіх клітинах, називають **органелами загального значення.** Інші органели присутні лише в деяких клітинах у зв'язку з виконанням певних специфічних для тих клітин функцій. Такі органели називаються **органелами спеціального значення.**

Органели цитоплазми за будовою поділяються на мембранні та немембранні.

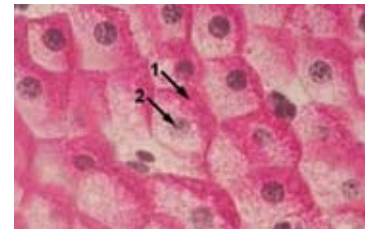


Мембранні органели є замкненими компартаментами (відсіками), обмеженими мембраною. Немембранні органели не є клітинними компартаментами й мають іншу будову.

Включення цитоплазми — це необов'язкові компоненти клітини, що виникають та зникають залежно від активності обміну речовин у клітині (мал. 21.2, 21.3).



Мал. 21.2. Жирові включення в клітинах печінки: 1 — жирові включення (чорні кульки); 2 — ядра клітин



Мал. 21.3. Клітини печінки: 1 — включення глікогену (червоне забарвлення); 2 — ядро клітини

Виділяють кілька видів включень.

Включення цитоплазми

- **Трофічні**
- **Секреторні**
- **Екскреторні**
- **Пігментні**

До **трофічних включень** належать краплинки нейтральних жирів, що можуть накопичуватися у цитоплазмі та використовуватися за необхідності. Іншим видом трофічних включень є глікоген — полісахарид, який також може відкладатися в гіалоплазмі.

Секреторні включення — зазвичай округлі утворення різних розмірів, що містять біологічно активні речовини, які утворюються в клітинах у процесі життєдіяльності.

Екскреторні включення не містять будь-яких ферментів або інших активних речовин. Зазвичай це продукти обміну речовин, що підлягають видаленню із клітини.

Пігментні включення — це каротин, пилові частинки, барвники, гемоглобін, меланін. Їх наявність у цитоплазмі може змінювати колір тканини чи органа тимчасово або постійно.

Опорні точки

Цитозоль (гіалоплазма) — це частина цитоплазми, що займає простір між мембранними органелами. Вона об'єднує ці органели і забезпечує їхню взаємодію.

Органелами називаються структури, які постійно присутні в клітині, мають певну будову, місцерозташування й виконують певні функції.

Включення цитоплазми — це необов'язкові компоненти клітини, що виникають та зникають залежно від активності обміну речовин у клітині.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Із чого складається цитозоль?
2. Які включення є у клітинах і яку роль вони виконують?
3. Що називається циклозом?
4. Чи здатна цитоплазма функціонувати за умови відсутності ядра?
5. Чим мембранні органели відрізняються від немембранних?
6. Які критерії застосовують цитологи для класифікації органел?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема. Рух цитоплазми в клітинах рослин

Мета: переконатися, що в клітинах рослин відбувається рух цитоплазми.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметне та накривне стекла, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9%-й розчин натрій хлориду, листок елодеї.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Приготуйте препарат живих клітин листка елодеї. Для цього цілий листок елодеї покладіть на предметне скло у краплину води, накрийте його накривним склом.
3. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа. Знайдіть на препараті тонку ділянку, де добре видно клітини. Розгляньте цю ділянку при великому збільшенні. Замалюйте її.
4. Зверніть увагу на те, що цитоплазма притиснута до клітинних стінок. Клітини перебувають у стані повного насичення водою — у стані тургору. При великому збільшенні мікроскопа можна побачити рух цитоплазми та хлоропластів. Якщо треба, можна підігріти препарат до +38—40 °С, уводячи під накривне скло теплу воду або поклавши його на декілька хвилин під увімкнену настільну лампу.
5. Замалюйте схему руху хлоропластів.
6. Зробіть висновки.

§ 22. Немембранні органели: цитоскелет. Клітинний центр. Рибосоми

Цитоскелет і органели руху

Цитоскелет — це клітинний каркас, або скелет, розташований у цитоплазмі живої клітини. Він присутній у клітинах і еукаріотів, і прокаріотів. Функціями цитоскелета є підтримування й адаптація форми клітини до зовнішніх впливів, участь в екзоцитозі та ендоцитозі, забезпечення руху клітини як цілого, активне внутрішньоклітинне транспортування та клітинний поділ.

Цитоскелет утворений білками. Він складається з трьох основних компонентів: мікрофіламентів, проміжних філаментів, мікротрубочок (мал. 22.1).

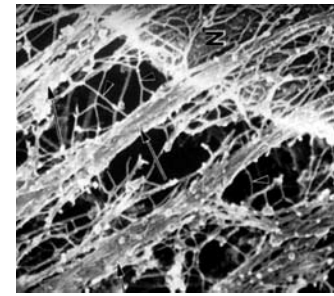
Мікрофіламенти — це тонкі білкові нитки діаметром 5—8 нм, що містяться практично в усіх типах клітин.

Залежно від хімічного складу мікрофіламенти можуть виконувати функції цитоскелета і брати участь у забезпеченні руху. Мікрофіламенти є внутрішньоклітинними скоротливими апаратами, що забезпечують рухомість клітин під час пересування.

Мікротрубочки є порожнистими циліндрами діаметром 25 нм. Вони відіграють важливу роль у внутрішньоклітинному транспортуванні та поділі клітин. У цитоплазмі мікротрубочки утворюють веретено клітинного поділу. Мікротрубочки також входять до складу центріолі, є основними структурними елементами війок і джгутиків.

Важливе функціональне значення мікротрубочок цитоплазми полягає також у створенні еластичного і водночас стійкого внутрішньоклітинного каркаса (цитоскелета), необхідного для підтримування форми клітини.

а



б

Мал. 22.1. Цитоскелет клітини: *а* — модель; *б* — мікрофотографія

Проміжні філаменти забезпечують механічну міцність клітин, їх відростків, беруть участь в утворенні міжклітинних контактів.

Війки та **джгутики** — це спеціальні органели руху, що є в деяких клітинах. У світловому мікроскопі ці органели мають вигляд тонких виростів клітин. Довжина війок — 5—10 мкм, а довжина джгутиків може сягати 150 мкм.

Вільні клітини, що мають війки та джгутики, здатні рухатися, а нерухомі клітини рухом війок можуть переміщати рідину й дрібні частинки.

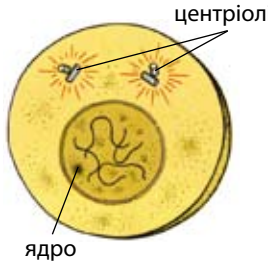
Клітинний центр

Клітинний центр (мал. 22.2) є універсальною немембранною органелою еукаріотичних клітин. Він представлений центросомою — щільною частинкою розміром близько 0,7 мкм та центросферою — білковими нитками, що розходяться від центросоми, — мікротрубочками.

До складу клітинного центру входять дві центріолі. Кожна центріоль — це циліндр розміром близько 1 мкм, по колу якого розташовані дев'ять триплетів мікротрубочок (мал. 22.3). Центріолі розташовуються під прямим кутом одна до одної.

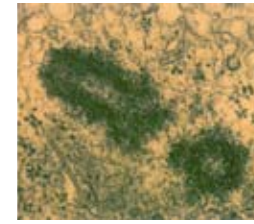
Клітинний центр відіграє важливу роль в організації цитоскелета, оскільки цитоплазматичні мікротрубочки розходяться в усі боки з цієї ділянки.

Під час підготовки клітин до поділу відбувається подвоєння центріолей. Центріолі розходяться, і поряд із кожною шляхом самозбирання формується нова центріоль. Від центріолей тягнуться мікротрубочки, що утворюють веретено поділу. Частина ниток веретена прикріплюється до хромосом.



Мал. 22.2. Клітинний центр

а



б

Мал. 22.3. Центріоль:
а — модель; *б* — мікрофотографія

Власна функція центріолей полягає в тому, що вони необхідні для формування джгутиків і війок. Після руйнування центріолі не поновлюються, і клітина втрачає здатність утворювати ці органели руху. У клітинах вищих рослин центріолі відсутні, тому в них немає джгутиків або війок.

Рибосоми*

Рибосома — це органела, на якій відбувається синтезування білка. На відміну від інших органел, рибосом у клітині величезна кількість, оскільки клітині необхідно синтезувати багато білків.

Група, що включає до кількох десятків рибосом, які поєднанні з однією іРНК, називається **полісомою**.

У мітохондріях і хлоропластах є рибосоми, менші за розмірами, ніж ті, що містяться в цитоплазмі.

Характеристика рибосом подана у табл. 4.

Таблиця 4

Характеристика рибосом

Дата відкриття	1953 р.
Для яких організмів характерні	Містяться в клітинах усіх живих організмів
Форма	Мікроскопічні тільця округлої форми
Діаметр	15—20 нм
Будова однієї рибосоми	Кожна рибосома складається із двох неоднакових за розмірами частинок: малої та великої субодиниць (мал. 22.4)
Кількість в одній клітині	Багато тисяч
Наявність мембрани	Ні, це немембранна органела
Розташування в клітині	На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки або вільно в цитоплазмі, усередині мітохондрій та пластид
Хімічний склад	Білки та рРНК. Мала субодиниця — 1 молекула рРНК і 20 молекул білка, велика — 3 рРНК і 35 молекул білка
Функції	Синтезування білка
Місце, де синтезується рРНК	Ядерце
Місце, де утворюються субодиниці	Ядерце

Мал. 22.4. Будова рибосоми

Опорні точки

Цитоскелет — це клітинний скелет, розташований у цитоплазмі живої клітини. Функціями цитоскелета є підтримування та пристосування форми клітини до зовнішнього впливу, участь в екзоцитозі та ендоцитозі, забезпечення руху клітини як цілого, активне внутрішньоклітинне транспортування та поділ клітини.

Клітинний центр є універсальним немембранним органоїдом усіх еукаріотичних клітин, він відіграє важливу роль в організації цитоскелета.

Рибосоми — це немембранні органели, що беруть участь у синтезі білка.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Яким є хімічний склад рибосом?
2. Які функції виконує цитоскелет?
3. Чи є центріолі в клітинах вищих рослин?
4. Які немембранні структури беруть участь у внутрішньоклітинному транспортуванні та поділі клітин?
5. Які немембранні структури беруть участь в організації цитоскелета?
6. Як структури цитоскелета пов'язані з його функціями?

§ 23. Синтез білків

Обмін речовин у клітині

Клітина — це відкрита система, якій властивий обмін речовин та енергії. У клітинах безперервно відбуваються процеси біологічного синтезу. За допомогою ферментів із простих низькомолекулярних речовин утворюються складні високомолекулярні сполуки: з амінокислот синтезуються білки, з моносахаридів — складні вуглеводи, з нітратних основ, моносахаридів і залишків ортофосфатної кислоти — нуклеотиди, а з них — нуклеїнові кислоти.

Сукупність реакцій біосинтезу, які відбуваються з поглинанням енергії, називається **пластичним обміном (асиміляцією**, або **анаболізмом)**.

Процес, протилежний синтезу, називається дисиміляцією. Дисиміляція (енергетичний обмін, або катаболізм) — це розщеплення органічних сполук, при якому виділяється енергія, необхідна для реакцій біологічного синтезу.

Процеси обміну речовин забезпечують постійність внутрішнього середовища організму в мінливих умовах існування.

Усі процеси обміну речовин у клітині відбуваються під генетичним контролем. **Синтез білків** — це процес реалізації спадкової інформації на основі генетичного коду.

Характеристика генетичного коду

Генетичний код — це спосіб запису послідовності амінокислот у білку за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах. Генетичний код має низку особливостей: він є триплетним, однозначним, виродженим, тобто надлишковим, та універсальним.

Триплетність генетичного коду означає, що одну амінокислоту кодує послідовність із трьох нуклеотидів. Таку послідовність називають **кодоном**, або **триплетом**.

Генетичний код є **однозначним**, кожен триплет кодує тільки одну певну амінокислоту, а генетична інформація зчитується лише одним способом. Триплети УАА, УАГ, УГА не кодують амінокислот. Їх називають стоп-кодонами, кожен із них означає припинення синтезу поліпептидного ланцюга. Триплет АУГ позначає місце, де починає синтезуватися наступний поліпептидний ланцюг. Але в середині ланцюга він кодує метіонін.

Генетичний код є **виродженим**, тому що одна амінокислота може кодуватися декількома триплетами. Наприклад, амінокислоту аланін кодують триплети ЦГА, ЦГГ, ЦГТ, ЦГЦ.

Генетичний код однаковий у всіх живих організмів, що існують на Землі, тому він і вважається **універсальним**. Молекули ДНК у різних організмів є різними, але спосіб запису спадкової інформації за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах — однаковий.

У результаті багатьох лабораторних досліджень учені склали таблицю генетичного коду (табл. 5).

У таблиці в першому стовпчику подано першу основу триплету (у дужках для ДНК, без дужок — для РНК), котрий кодує ту чи іншу амінокислоту, у другому — другу основу, у третьому — третю. Закодовані назви амінокислот: аланін (Ала), аргінін (Арг), аспарагін (Асн), аспарагінова кислота (Асп), валін (Вал), гістидин (Гіс), гліцин

(Глі), глутамін (Глн), глутамінова кислота (Глу), ізолейцин (Іле), лейцин (Лей), лізин (Ліз), метіонін (Мет), пролін (Про), серин (Сер), тирозин (Тир), треонін (Тре), триптофан (Три), фенілаланін (Фен), цистеїн (Цис).

Наприклад, амінокислота валін кодується чотирма триплетами в молекулі ДНК: ЦАА, ЦАГ, ЦАТ, ЦАЦ, а амінокислота триптофан — тільки одним — АЦЦ.

Таблиця 5

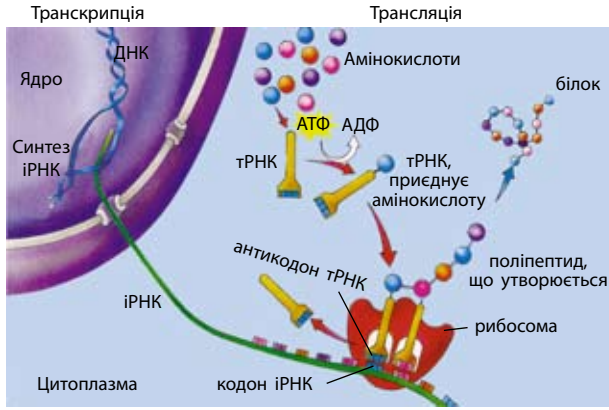
Генетичний код

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
У (А)	Фен Фен Лей Лей	Сер Сер Сер Сер	Тир Тир Стоп Стоп	Цис Цис Стоп Три	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
Ц (Г)	Лей Лей Лей Лей	Про Про Про Про	Гіс Гіс Глн Глн	Арг Арг Арг Арг	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
А (Т)	Іле Іле Іле Мет	Тре Тре Тре Тре	Асн Асн Ліз Ліз	Сер Сер Арг Арг	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
Г (Ц)	Вал Вал Вал Вал	Ала Ала Ала Ала	Асп Асп Глу Глу	Глі Глі Глі Глі	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)

Етапи синтезу білка

Для того щоб синтезувався білок, інформація про послідовність амінокислот у його первинній структурі має бути доставлена до рибосом (мал. 23.1). Цей процес проходить у два етапи — етап транскрипції та етап трансляції.

Перший етап синтезу білка — **транскрипція**. Транскрипція — це процес синтезу всіх типів РНК, що відбувається в ядрі клітини на матриці — молекулі ДНК за принципом комплементарності: тиміну ДНК комплементарний аденін РНК, цитозину ДНК — гуанін РНК, гуаніну ДНК — цитозин РНК. Оскільки в РНК замість тиміну присутня нітратна основа урацил, то аденіну ДНК комплементарний урацил РНК.



Мал. 23.1. Загальна схема синтезу білка

У процесі транскрипції ДНК передає закодовану в ній послідовність амінокислот білкової молекули інформаційній РНК.

Другий етап синтезу білка — **трансляція**. У процесі трансляції інформація, що міститься в іРНК, реалізується. Синтезується відповідний білок.

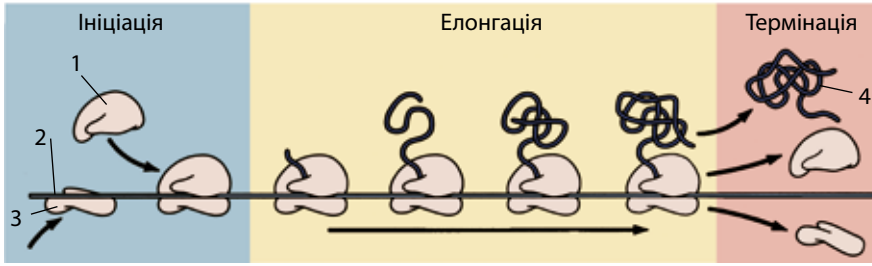
Білоксинтезуюча система клітини включає інформаційну РНК, набір із 20 амінокислот, що входять до складу молекули білка, транспортні РНК, які виконують функцію трансляційних посередників, набір ферментів, рибосоми.

Стадії трансляції

Трансляція відбувається у три стадії: ініціації, елонгації і термінації (мал. 23.2).

Стадія ініціації (початок синтезу) починається зі з'єднання іРНК з малою субодиницею рибосоми (мал. 23.1). Саме іРНК виступає матрицею для синтезу білка. У цитоплазмі на один із кінців іРНК «сідає» рибосома, і починається синтез поліпептидного ланцюга.

Стадія елонгації (продовження синтезу). На початку елонгації до рибосоми підходять дві перші тРНК, які транспортують амінокислоти, і утворюється перший пептидний зв'язок між амінокислотами. Після цього відбувається переміщення рибосоми відносно іРНК, іде послідовне нарощування поліпептидного ланцюга по одній амінокислоті в суворій відповідності до порядку кодонів у молекулі іРНК. Рибосома переміщується по молекулі іРНК не плавно, а поривчасто, триплет за триплетом. У міру переміщення рибосоми по молекулі іРНК до поліпептидного ланцюга одна за одною приєднуються амінокислоти, що відповідають триплетам іРНК. Точна відповідність амінокислоти коду триплету іРНК забезпечується антикодоном тРНК.



Мал. 23.2. Стадії трансляції:
1 — велика субодиниця; 2 — іРНК; 3 — мала субодиниця; 4 — білок

Стадія термінації (завершення синтезу). Нарощування поліпептидного ланцюга триває доти, доки на шляху рибосоми не трапиться один зі стоп-кодонів іРНК (УАА, УАГ, УГА). У ділянці цих триплетів відбувається розрив зв'язку між пептидом і останньою тРНК і вивільняється готовий білок.

Синтез білка закінчується формуванням відповідної структури білка — первинної, вторинної, третинної або четвертинної.

Синтезовані білки спочатку накопичуються в каналах і порожнинах ендоплазматичної сітки, а потім транспортуються до органел і ділянок клітин, де вони використовуються.

Ендоплазматична сітка і рибосоми, розміщені на її мембранах, є єдиним апаратом синтезу і транспортування білків.

Опорні точки

Синтез білків — це процес реалізації спадкової інформації, який відбувається у два етапи (трансляція і транскрипція).

Транскрипція — це процес синтезу всіх типів РНК, який відбувається у ядрі клітини на матриці — молекулі ДНК. У процесі трансляції інформація, що міститься в іРНК, реалізується і синтезується відповідний білок.

Для синтезу білка необхідні рибосоми, іРНК, тРНК, амінокислоти, ферменти, молекули АТФ тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке генетичний код?
2. Які етапи синтезу білка ви знаєте?
3. Яку роль у синтезі білка відіграють тРНК?
4. Яку роль у синтезі білка відіграють іРНК?
5. Які компоненти входять у білоксинтезуючу систему клітини?
6. Як взаємопов'язані процеси транскрипції і трансляції?
7. Як взаємопов'язані процеси асиміляції та дисиміляції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Розв'язання елементарних вправ із трансляції

Для розв'язання деяких вправ знадобиться таблиця генетичного коду.

1. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть послідовність амінокислотних залишків у молекулі білка, яка була синтезована на іРНК з такою послідовністю нуклеотидів:
   УУУ ГУУ ГЦУ ГГА ГАЦ ГГГ ЦГУ УЦУ УАУ УГУ ГАУ ГАЦ УАА
2. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть послідовність амінокислотних залишків у білку, що кодується геном із такою послідовністю нуклеотидів:
   ТТГ ГГЦ ЦЦЦ ГАГ ТАГ АЦЦ ЦГА ГГГ ЦЦЦ ААА ГТТ ЦТА АТТ
3. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть можливу послідовність нуклеотидів у гені, який кодує пептид із такою послідовністю залишків амінокислот:
   Арг-Фен-Мет-Сер-Тре-Лей-Тир-Цис-Ала-Вал-Арг
4. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть антикодони тих тРНК, які будуть потрібні для синтезу пептиду з такою послідовністю залишків амінокислот:
   Глі-Асп-Асн-Глн-Глу-Вал-Фен-Мет-Тир
5. Яка кількість амінокислот входитиме до складу білка, який кодується геном, що складається із 1290 нуклеотидів?
6. З якої кількості нуклеотидів складатиметься ген, який кодує білок, що складається із 576 амінокислотних залишків?

§ 24. Одномембранні органели: ендоплазматична сітка, апарат Гольджі, лізосоми, вакуолі

Ендоплазматична сітка

Уся внутрішня зона цитоплазми заповнена численними дрібними каналами і порожнинами, ці канали розгалужуються, з'єднуються один з одним й утворюють сітку, яка дістала назву **ендоплазматична сітка**.

Відомі дві її структури — **гранулярна** і **гладенька** (мал. 24.1). На мембранах каналів і порожнин гранулярної сітки розміщується велика кількість рибосом, які й надають мембранам шорсткого вигляду.

Мембрани гладенької ендоплазматичної сітки не несуть рибосом на своїй поверхні.

а *б*

Мал. 24.1. Ендоплазматична сітка: гладенька і гранулярна: схема (*а*) й мікрофотографія (*б*)

Основна функція гранулярної ендоплазматичної сітки — участь у синтезі і транспортуванні білка. Гладенька ендоплазматична сітка — це місце синтезу і транспортування ліпідів і вуглеводів.

Апарат Гольджі

Апарат Гольджі — це універсальний мембранний органоїд еукаріотичних клітин, відкритий у 1898 р. італійським дослідником К. Гольджі (мал. 24.2). Детальна будова апарату Гольджі була описана нобелівським лауреатом Дж. Паладе на початку 50-х рр. XX ст.

До складу цього органоїда входять: мембранні цистерни, мембранні бульбашки і мембранні трубочки. Основу апарату Гольджі становлять мембранні цистерни, вони ізольовані одна від одної.

По каналах ендоплазматичної сітки до апарату Гольджі транспортуються продукти синтетичної діяльності клітини — білки, вуглеводи й жири. Усі ці речовини спочатку накопичуються в апараті Гольджі, а потім у вигляді великих і дрібних бульбашок надходять у цитоплазму й використовуються самою клітиною або виводяться з неї і використовуються в організмі.

а *б*

Мал. 24.2. Будова апарату Гольджі: схема (*а*), мікрофотографія (*б*)

Ще одна важлива функція цього органоїда полягає в тому, що на його мембранах відбувається синтез жирів і вуглеводів (полісахаридів).

Завдяки діяльності апарату Гольджі відбувається також оновлення і ріст плазматичної мембрани. В апараті Гольджі утворюються лізосоми.

Лізосоми та пероксисоми

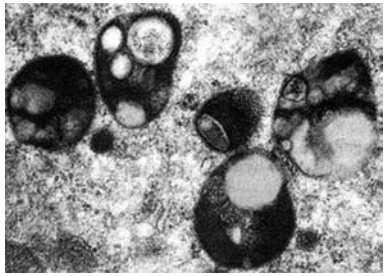
Лізосоми (від грец. *lysis* — розкладання, розпад і *soma* — тіло) є невеликими круглими тільцями (мал. 24.3). Від цитоплазми кожна лізосома відмежована мембраною. Усередині лізосоми є ферменти, що розщеплюють білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти.

Лізосоми підходять до поживної частинки, що надійшла в цитоплазму, зливаються з нею, утворюючи травну вакуолю. Маючи здатність активно перетравлювати поживні речовини, лізосоми беруть участь у видаленні частин клітини, цілих клітин та органів, що відмирають у процесі життєдіяльності.

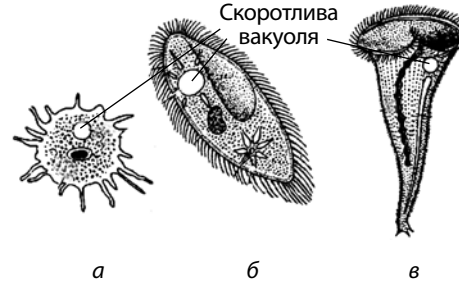
Утворення нових лізосом відбувається у клітині постійно. Ферменти, що містяться в лізосомах, як і будь-які інші білки, синтезуються на рибосомах цитоплазми. Потім ці ферменти транспортуються по ендоплазматичних каналах до апарату Гольджі, у порожнинах якого формуються лізосоми.

Лізосоми були відкриті у 1955 р. бельгійським біохіміком Кристіаном де Дювом, який за дослідження структури і функцій лізосом був удостоєний Нобелівської премії у 1974 р.

Кристіан де Дюв відкрив також пероксисоми. **Пероксисоми** (від латин. *per* — через, грец. *oxys* — кислий і *soma* — тіло) — це універсальний органоїд еукаріотичних клітин, мембранні бульбашки діаметром 0,15—0,25 мкм. Функція пероксисом — розщеплення довголанцюгових жирних кислот, які надходять до клітини з їжею.



Мал. 24.3. Лізосоми, мікрофотографія



Мал. 24.4. Скоротливі вакуолі в найпростіших: амеба (*а*), інфузорія-туфелька (*б*), інфузорія-трубач (*в*)

На відміну від лізосом, нові пероксисоми утворюються тільки шляхом дроблення вже існуючих, тому клітина, що втратила всі пероксисоми, не може їх відновити.

Вакуолі

Вакуоля — це наповнений рідиною мембранний мішок, стінка якого складається з одинарної мембрани (мал. 24.5). У тваринних клітинах містяться відносно невеликі вакуолі, які беруть участь у фагоцитозі, перетравлюванні їжі, руйнуванні непотрібних клітинних структур, у виведенні надлишку води з організму.

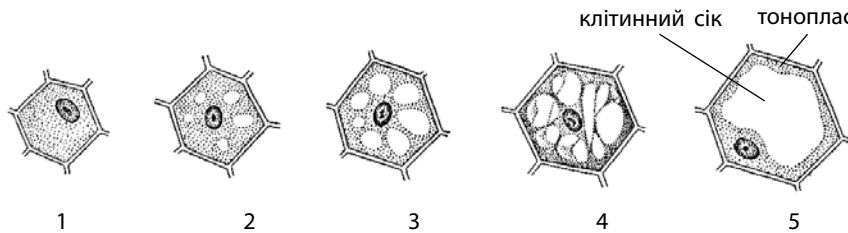
Рослинна клітина містить велику центральну вакуолю, оточену мембраною, яка називається **тонопласт** (мал. 24.5). Рідина, що заповнює центральну вакуолю, називається **клітинним соком**. Це концентрований розчин, який містить мінеральні солі, цукри, органічні кислоти, Оксиген, діоксин Карбону, пігменти і деякі відходи життєдіяльності.

Вода зазвичай надходить у концентрований клітинний сік шляхом осмосу. У результаті в клітині розвивається тургорний тиск і цитоплазма притискається до клітинної стінки. Осмотичне поглинання води відіграє важливу роль при розтягуванні клітин під час росту, а також у загальному водному режимі рослини.

Іноді у вакуолях містяться розчинні пігменти. Саме вони головним чином і визначають забарвлення квітів, плодів, бруньок. У листках вони зумовлюють різні відтінки осіннього забарвлення, яке залежить також від фотосинтетичних пігментів, що містяться у хлоропластах.

Після загибелі клітини тонопласт, як і всі інші мембрани, втрачає свою вибіркову проникність, і ферменти вивільняються із вакуоль, спричиняючи автоліз — саморозчинення клітини.

У вакуолях рослини можуть накопичуватися кінцеві і деякі вторинні продукти метаболізму. Вторинні продукти, зокрема алкалоїди і таніни, виконують захисну функцію, запобігаючи поїданню таких рослин травоїдними тваринами.



Мал. 24.5. Розвиток вакуоль у рослинній клітині

Деякі розчинні компоненти клітинного соку, наприклад сахароза і мінеральні солі, відіграють роль запасних поживних речовин, за необхідності використовуються цитоплазмою.

Опорні точки

У клітині є одномембранні органели. Ендоплазматична сітка бере участь у синтезі й транспортуванні білків, жирів і вуглеводів. Апарат Гольджі — це місце накопичення органічних речовин і органела, яка бере участь у їх транспортуванні. Завдяки діяльності апарату Гольджі відбуваються оновлення і ріст плазматичної мембрани й утворюються лізосоми.

Лізосоми — це одномембранні органели, що містять гідролітичні ферменти і беруть участь у перетравлюванні поживних речовин.

Вакуолі рослин виконують функцію підтримки тургорного тиску, накопичення кінцевих і деяких вторинних продуктів метаболізму та інші функції.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які одномембранні органели ви знаєте?
2. Які функції виконує апарат Гольджі?
3. Де утворюються лізосоми і яку функцію вони виконують?
4. Завдяки якій органелі відбувається оновлення і ріст плазматичної мембрани?
5. У якій органелі розщеплюються жирні кислоти, які надходять до клітини з їжею?
6. Яким може бути склад клітинного соку?
7. Що спільного й відмінного між гладенькою і гранулярною ендоплазматичною сіткою?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7*

Тема. Вивчення будови одномембранних органел

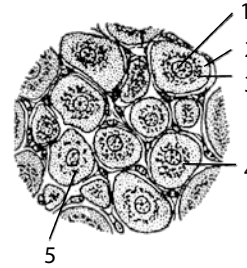
Мета: вивчити будову і функції одномембранних органел клітини на прикладі апарату Гольджі.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, готові препарати (апарат Гольджі в нервових клітинах спинного ганглію кошеняти).

Хід роботи

1. Розгляньте в мікроскоп готовий препарат — апарат Гольджі в нервових клітинах спинного ганглію кошеняти — і замалюйте його.

На малюнку навколо ядра (1) на світлому фоні нейроплазми (2) виділяється чорна звивиста сітка апарату Гольджі (3), яка щільно прилягає до ядра або розміщується, трохи відступаючи від ядра, ніби утворюючи навколо нього кошик (4). Спостерігаються нейрони, у цитоплазмі яких апарат Гольджі складається з окремих фрагментів (5), не зв'язаних між собою і розкиданих по всій нейроплазмі.



Нервові клітини спинного ганглію кошеняти при великому збільшенні

❷ Зробіть висновки.

§ 25. Мітохондрії та процес дихання

Будова й функції мітохондрій

У цитоплазмі більшості клітин тварин і рослин містяться дрібні тільця — мітохондрії (від грец. *mitos* — нитка, *chondros* — зерно, гранула). Мітохондрії добре видно у світловий мікроскоп, за допомогою якого можна розглянути їхню форму, розміщення, порахувати кількість.

Оболонка мітохондрії складається із двох мембран — зовнішньої і внутрішньої. Зовнішня мембрана гладенька, вона не утворює ніяких складок і виростів. Внутрішня мембрана утворює численні складки, спрямовані в порожнину мітохондрії. Складки внутрішньої мембрани називають **кристами** (від латин. *crista* — гребінь).

Нові мітохондрії утворюються шляхом поділу вже існуючих у клітині мітохондрій.

Дізнайтеся більше

Кількість крист неоднакова в мітохондріях різних клітин. Їх може бути від кількох десятків до кількох сотень, причому особливо багато крист у мітохондріях клітин, що функціонують активно, наприклад м'язових. Це пов'язано з тим, що їм необхідно більше енергії.

а *б*

Мал. 25.1. Мітохондрія: схема будови (*а*) й мікрофотографія (*б*)

Мітохондрії називають «силовими станціями клітин», оскільки їхня основна функція — синтез аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ). Ця молекула синтезується в мітохондріях клітин усіх організмів і є універсальним джерелом енергії, необхідної для здійснення процесів життєдіяльності клітини і цілого організму.

Особливості будови мітохондрій визначаються їхнім походженням. За симбіотичною гипотезою мітохондрія — це стародавня прокаріотична клітина, яка могла використовувати кисень у своєму енергетичному обміні. Захоплена шляхом ендоцитозу іншою клітиною, якій не була притаманна така властивість, мітохондрія втратила свою самостійність, але зберегла певні клітинні компоненти і здатність до поділу.

Усі мітохондрії мають однакову будову — зовнішню мембрану, міжмембранний простір, внутрішню мембрану і мітохондріальний матрикс (мал. 25.1).

У мітохондріальному матриксі, оточеному внутрішньою мембраною, розміщені ферменти енергетичного обміну. У матриксі мітохондрій також є кільцева молекула ДНК і мітохондріальні рибосоми.

Основна функція мітохондрій — участь в енергетичному обміні клітини, здійснення клітинного дихання.

Клітинне дихання

Клітинне дихання — це сукупність біохімічних реакцій, у ході яких відбувається окиснення вуглеводів, ліпідів і амінокислот до вуглекислого газу і води. Вивільнена енергія запасається в хімічних зв'язках молекул АТФ та інших енергетичних молекул. Далі ця енергія використовується для різних потреб клітини, у тому числі й для реакцій біосинтезу.

Клітинне дихання є останнім етапом **енергетичного обміну**.

На першому, **підготовчому,** етапі енергетичного обміну великі органічні молекули розкладаються на дрібніші компоненти. У ході цих перетворень виділяється мало енергії, вона розсіюється у вигляді тепла і АТФ не утворюється.

Другий етап енергетичного обміну — **неповне безкисневе розщеплення речовин** — відбувається в цитоплазмі клітин. Речовини, що утворилися під час підготовчого етапу, розкладаються за допомогою ферментів за відсутності кисню. Прикладом безкисневого розщеплення речовин є **гліколіз** — ферментативне розщеплення глюкози. Гліколіз відбувається у тваринних клітинах і в деяких мікроорганізмів. У процесі гліколізу з однієї молекули глюкози утворюються дві молекули трикарбонової піровиноградної кислоти $C_3H_6O_3$, а енергії, що вивільняється при цьому, достатньо для перетворення двох молекул АДФ на **дві молекули АТФ** (мал. 25.2).

Третій етап енергетичного обміну — **повне кисневе розщеплення**, або **клітинне дихання**,— відбувається в матриксі і на кристах мітохондрій в присутності кисню.

Продукт гліколізу — піровиноградна кислота — містить значну кількість енергії, і подальше її вивільнення відбувається в мітохондріях, де здійснюється повне окиснення піровиноградної кислоти до CO_2 та H_2O.

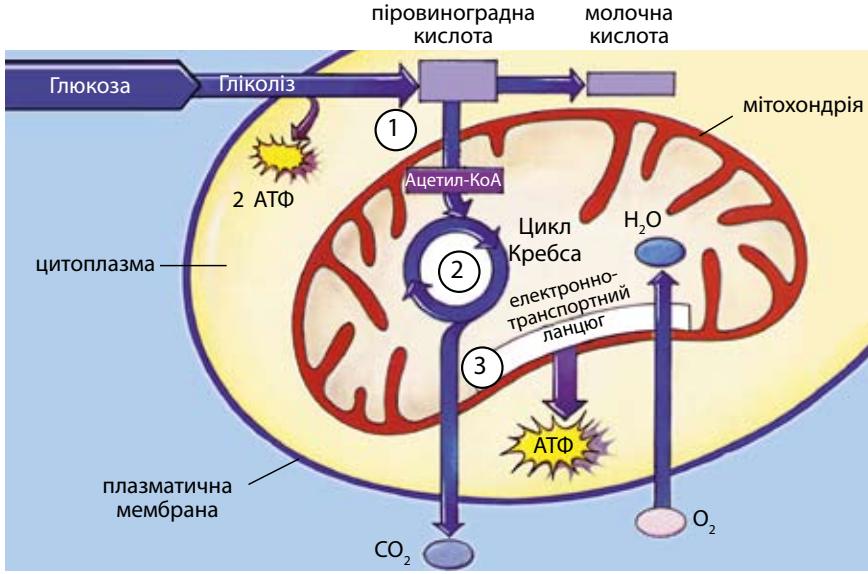
Процес клітинного дихання можна поділити на три стадії:

1) окисне декарбоксилювання піровиноградної кислоти;
2) цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса);
3) заключна стадія окиснення — електронно-транспортний ланцюг.

На *першій стадії* піровиноградна кислота взаємодіє з речовиною, яку називають коензимом А (скорочено КоА), у результаті чого утворюється ацетилкоензим-А (ацетил-КоА) з високоенергетичним зв'язком (мал. 25.2, *1*).

Друга стадія — цикл Кребса (мал. 25.2, *2*), названий так на честь англійського дослідника Ганса Кребса, який його відкрив. У цикл Кребса вступає ацетил-КоА, утворений на попередній стадії. Ацетил-КоА взаємодіє з щавлевооцтовою кислотою (чотирикарбонова сполука). Далі у результаті циклу Кребса розкладається молекула піровиноградної кислоти, виділяється CO_2 й утворюються енергетичні молекули.

Третя стадія — електронно-транспортний ланцюг (мал. 25.2, *3*). На цьому етапі синтезуються енергетичні молекули АТФ. При цьому використовуються спеціальні переносники електронів, які розташовані на внутрішній мембрані мітохондрій у вигляді ланцюга. Завдяки дії електронно-транспортного ланцюга виникає різниця



Мал. 25.2. Схема повного кисневого розщеплення речовин

потенціалів за рахунок того, що з одного боку мембрани концентруються електрони, а з другого — протони. Енергія цієї різниці потенціалів також витрачається для синтезу АТФ.

У результаті розщеплення у процесі клітинного дихання двох молекул піровиноградної кислоти синтезується в цілому 36 молекул АТФ. Сумарне рівняння енергетичного обміну має вигляд:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O + 38АДФ + 38H_3PO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 38АТФ.$$

На другому етапі енергетичного обміну синтезується 2 молекули АТФ, на третьому — 36 молекул АТФ.

Таким чином, кисневе розщеплення дає енергії у 18 разів більше, ніж її запасається у результаті гліколізу.

Опорні точки

Мітохондрії — двомембранні органели, основною функцією яких є участь в енергетичному обміні клітини, здійснення внутрішньоклітинного дихання. Клітинне дихання — це сукупність біохімічних реакцій у клітині, у ході яких відбувається окиснення вуглеводів, ліпідів і амінокислот до вуглекислого газу і води. Вивільнена у цих

реакціях енергія запасається в хімічних зв'язках молекул АТФ і інших енергетичних молекул. Далі ця енергія використовується для різних потреб клітини, у тому числі й для реакцій біосинтезу.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які двомембранні органели ви знаєте?
2. Яка будова мітохондрій?
3. Як мітохондрії відновлюються?
4. Яку роль відіграють мітохондрії в енергетичному обміні клітини?
5. У чому полягає біологічна природа гліколізу?
6. Як будова мітохондрій пов'язана з їхніми функціями?

§ 26. Пластиди та процес фотосинтезу

Будова і функції пластид

Пластиди (від грец. *plastos* — утворений, виліплений, оформлений) — це органели, характерні для рослинних клітин. У клітинах тварин пластиди відсутні.

Розрізняють три основні типи пластид: зелені — хлоропласти; червоні, жовтогарячі й жовті — хромопласти; безбарвні — лейкопласти. Усі різновиди пластид утворюються із дрібних безбарвних пластид — округлих мембранних тілець діаметром приблизно 1 мкм, які мають слабкорозвинену систему тилакоїдів. Пластиди можуть розмножуватися.

Хлоропласт — органела клітин рослин, у якій відбувається процес фотосинтезу. Хлоропласти містяться в клітинах листків та інших зелених органів рослин, а також у різних водоростях. У вищих рослин в одній клітині зазвичай буває кілька десятків хлоропластів. Зелене забарвлення хлоропластів залежить від вмісту в них пігменту **хлорофілу**.

За будовою хлоропласти подібні до мітохондрій (мал. 26.1). Від цитоплазми хлоропласт відділений двома мембранами — зовнішньою і внутрішньою. Зовнішня мембрана гладенька, без складок і виростів, а внутрішня утворює багато складчастих виростів, спрямованих усередину хлоропласта. Тому всередині хлоропласта зосереджена велика кількість мембран, що утворюють особливі структури — тилакоїди. Тилакоїди утворюють грани.

Саме в мембранах гран розміщуються молекули хлорофілу, і тому тут відбувається фотосинтез. У стромі (матриксі) хлоропласту, оточеному внутрішньою мембраною, є кільцева ДНК і рибосоми.