

П.Г. Балан, Ю.Г. Вєрвєс, В.П. Поліщук

БІОЛОГІЯ

10

Рівень стандарту, академічний рівень

*Підручник для загальноосвітніх
навчальних закладів*

*Рекомендовано Міністерством
освіти і науки України*



Київ
«ГЕНЕЗА»
2010

Дорогі десятикласники!

Протягом попередніх років навчання ви ознайомилися з різноманітним світом організмів: бактерій, рослин, грибів, тварин. Ви також докладно вивчали будову та процеси життєдіяльності людини.

У 10-му класі ви ознайомитеся з досягненнями таких біологічних наук, як біохімія, цитологія, гістологія тощо. Ви дізнаєтеся про загальні закономірності функціонування живої природи на різних рівнях її організації (молекулярному, клітинному та організмовому) та узагальните набуті раніше знання. Ці знання допоможуть вам краще зорієнтуватися у складному, різноманітному і надзвичайно цікавому світі живих істот, зрозуміти їхні взаємозв'язки із середовищем життя, єдність органічного світу. Сподіваємося, ви усвідомите необхідність оберігати навколишнє природне середовище та поліпшувати його стан, охороняти та раціонально використовувати природні ресурси.

Важливою складовою уроку біології є лабораторні та практичні роботи, які допоможуть вам глибше опанувати теоретичний матеріал та набуті елементарних практичних умінь у різних галузях біології. Підручник, окрім обов'язкових даних для рівня стандарту, містить матеріал, вивчення якого передбачено програмою для учнів, які опановують біологію на академічному рівні. Цей матеріал певним чином виділений у тексті. Утім, ці відомості є цікавими та корисними і для тих десятикласників, які вивчають основи цієї науки на рівні стандарту.

Короткий словник термінів і понять, полегшить вам роботу з підручником.

Життя на нашій планеті вражає складністю й різноманітністю проявів. Охопити їх усі в шкільному курсі неможливо, тому ми розглянемо лише основні загальні закономірності. Потрібно пам'ятати, що і тепер, коли біологія досягла значних успіхів у вивченні живої природи, перед цією наукою постає багато невирішених питань, на які вчені ще нездатні дати обґрунтовану відповідь. Багато положень сучасної біології є лише припущеннями, і, можливо, ви станете свідками нових видатних відкриттів.

Отже, успіхів вам у пізнанні складного та цікавого світу живих організмів! Сподіваємося, що знання, які ви здобудете, вивчаючи біологію, стануть вам у пригоді в подальшому житті.



ВСТУП

- система біологічних наук;
- значення біології в житті людини;
- рівні організації живої матерії;
- методи досліджень у біології;
- основні досягнення сучасної біології;
- основні завдання біологічних наук на сучасному етапі.

§ 1. СИСТЕМА БІОЛОГІЧНИХ НАУК. ЗВ'ЯЗОК БІОЛОГІЧНИХ НАУК З ІНШИМИ НАУКАМИ



Пригадайте: які біологічні науки вам відомі? Яких ви знаєте видатних учених-біологів?

• **Біологія – комплексна наука про живу природу.** Ви вже знаєте, що біологія досліджує різні прояви життя. Як самостійна природнича наука біологія зародилася ще до нашої ери, а її назву запропонували 1802 року незалежно один від одного французький учений **Жан-Батіст Ламарк** (1744–1829) і німецький – **Готфрід Рейнхольд Тревіранус** (1766–1837).

Протягом попередніх років навчання у школі ви вже ознайомилися з основами таких біологічних наук, як ботаніка, мікологія, зоологія, анатомія та фізіологія людини та ін. Протягом наступних років ви дізнаєтеся й про досягнення інших біологічних наук: біохімії, цитології, вірусології, біології індивідуального розвитку, генетики, екології, еволюційного вчення, систематики, палеонтології тощо. Дані цих і багатьох інших біологічних наук дають змогу вивчати закономірності, притаманні всім живим організмам. Розгляньте малюнок 1.1 і ознайомтеся з короткою характеристикою основних біологічних наук. (Поміркуйте, які з біологічних наук, зазначених на схемі, на вашу думку, найбільше пов'язані між собою.)

Біологію називають провідною наукою XXI ст. Без досягнень біології нині неможливий прогрес аграрних наук, охорони здоров'я і навколишнього природного середовища, біотехнології тощо.

• **Взаємозв'язки біології з іншими науками.** Біологія тісно пов'язана з іншими природничими та гуманітарними науками. Унаслідок взаємодії з





Біологія – система наук про життя на різних рівнях його організації; вивчає живі організми та узагальнює закономірності, притаманні всім організмам; її завдання – пізнання суті життя

Біохімія – наука про хімічний склад живих організмів і хімічні процеси, які в них відбуваються

Цитологія – наука про будову та процеси життєдіяльності клітин

Біотехнологія – прикладна наука, яка розробляє й впроваджує у виробництво промислові методи з використанням живих організмів і біологічних процесів

Біологія індивідуального розвитку – наука про закономірності індивідуального розвитку організмів від зародження до смерті

Екологія – наука про взаємозв'язки організмів між собою та умовами середовища мешкання, структуру та функціонування багатовидових систем (екосистем, біосфери). Екологічні принципи слугують теоретичним підґрунтям *охорони природи*

Ботаніка – наука про рослини

Систематика – наука про видову різноманітність сучасних і вимерлих живих істот. Систематики описують нові для науки види, відносять їх до вищих систематичних одиниць – родів, родин і т. д. та на основі узагальнення досягнень інших галузей біології впорядковують (класифікують) знання про живу матерію, створюючи систему організмів. Її завдання: опис нових для науки видів, розподіл їх по систематичних одиницях – родах, родинях тощо

Зоологія – наука про тварин

Фізіологія – наука про процеси життєдіяльності організмів. Підрозділи фізіології: *фізіологія рослин, тварин, людини*

Молекулярна біологія вивчає процеси, що відбуваються в живих системах на молекулярному рівні

Гістологія – наука про будову та функції тканин тварин (тканини рослин вивчає *анатомія рослин*)

Ембріологія – наука про зародковий етап розвитку організмів

Вірусологія – наука про неклітинні форми життя – віруси

Генетика – наука про закономірності спадковості та мінливості, механізми передачі спадкової інформації від батьків нащадкам

Селекція – прикладна наука про створення нових штамів мікроорганізмів, сортів рослин і порід тварин

Еволюційне вчення – наука, яка встановлює закономірності історичного розвитку живої матерії на нашій планеті

Філогенія – наука про конкретні шляхи та етапи історичного розвитку різних груп живих організмів

Палеонтологія – наука, яка досліджує вимерлі організми

Мікологія – наука про гриби

Бактеріологія – наука про прокаріотичні організми

Анатомія – наука, яка досліджує форму, будову окремих органів, систем органів та організму в цілому. Підрозділи анатомії: *анатомія тварин, людини; морфологія та мікроскопічна анатомія рослин*

Мал. 1.1. Коротка характеристика основних біологічних наук



хімією виникла *біохімія*, а з фізикою – *біофізика*. *Біогеографія* – комплексна наука про поширення живих організмів на Землі – розроблена зусиллями кількох поколінь учених, що вивчали флору, фауну, угруповання видів у різних географічних частинах нашої планети. В усіх галузях біології застосовують математичні методи обробки зібраного матеріалу.

Унаслідок взаємодії екології з гуманітарними науками виникла *соціоекологія* (вивчає закономірності взаємодії людського суспільства та навколишнього природного середовища), а взаємодія *біології людини* з гуманітарними науками сформувала *антропологию* – науку про походження та еволюцію людини як особливого біосоціального виду, людські раси тощо.

Філософія біології – наука, що виникла внаслідок взаємодії класичної філософії з біологією. Вона вивчає проблеми світосприйняття у світлі досягнень біології.

Дані біологічних наук про людину (анатомії, фізіології, генетики людини тощо) слугують теоретичною базою *медицини* (науки про здоров'я людини та його збереження, захворювання, методи їхньої діагностики та лікування).

У другій половині XX ст. завдяки успіхам різних природничих наук (фізики, математики, кібернетики, хімії та інших) сформувалися нові напрями біологічних досліджень:

- **космічна біологія** – вивчає особливості функціонування живих систем в умовах космічних апаратів і Всесвіту;
- **біоніка** – досліджує особливості будови та життєдіяльності організмів з метою створення різних технічних систем і приладів;
- **радіобіологія** – наука про вплив різних видів іонізуючого випромінювання на живі системи;
- **кріобіологія** – наука про вплив на живу матерію низьких температур.

Сучасне суспільство часто стикається з проблемами, що виникають на стику з іншими науками. Наприклад, для оцінки наслідків антропогенних впливів на живі системи (як-от, радіаційних, хімічних тощо) потрібні спільні зусилля біологів, медиків, фізиків, хіміків та ін. Створення біоінформаційних технологій (наприклад, для вивчення структури і функцій наборів спадкової інформації організмів) неможливо без спеціальних комп'ютерних програм. Вивчення спадкових хвороб людини – також завдання для багатьох наук (генетики, біохімії, медицини тощо).

Ключові терміни та поняття. *Біологія, система біологічних наук.*

**Коротко
про
головне**

- Біологія – комплекс наук, які досліджують різні прояви життя. Назву «біологія» запропонували 1802 року французький учений Ж.-Б. Ламарк і німецький – Г.Р. Тревіранус.
- Біологія має тісні зв'язки як з іншими природничими науками, так і з гуманітарними. Унаслідок взаємодії з іншими науками виникли біохімія, біофізика, біогеографія, радіобіологія та багато інших.



**Запитання для
самоконтролю**

1. Хто і коли запропонував термін «біологія»?
2. Які основні біологічні науки ви знаєте?
3. Наведіть приклади взаємодії біології з іншими науками.

Поміркуйте. Прочитайте нарис з історії біологічної науки. Які винаходи людства сприяли розвитку біології?





Завдання для роботи в групі

Використовуючи різноманітні джерела інформації, підготуйте короткі повідомлення про життя і діяльність всесвітньо відомих вітчизняних учених, які зробили вагомий внесок у розвиток української біологічної науки: О.О. Ковалевського, І.І. Мечникова, С.Г. Навашина, В.І. Вернадського, І.І. Шмальгаузена, О.В. Фоміна, М.Г. Холодного, М.М. Гришка, К.Ф. Кесслера, В.О. Караваєва, В.О. Топачевського, О.В. Палладіна, С.М. Гершензона, Д.К. Заболотного, О.О. Богомольця, В.Ю. Чаговця, П.Г. Костюка, О.П. Маркевича.

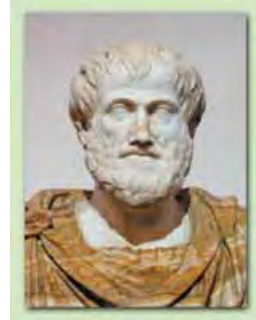
НАРИС З ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

Людина як складова частина природи ще з давніх-давен прагнула вивчати тих тварин і рослини, які її оточували, адже від цього залежало її виживання. Перші спроби впорядкувати накопичені дані про будову тварин і рослин, процеси їхньої життєдіяльності й різноманітність належать ученим Давньої Греції – **Арістотелю** (мал. 1.2) та **Теофрасту**. Арістотель створив першу наукову систему для близько 500 видів відомих на той час тварин та заклав підвалини порівняльної анатомії (*спробуйте визначити завдання цієї науки*). Вважав, що жива матерія виникла з неживої. Теофраст (372–287 рр. до н. е.) описав різні органи рослин та заклав основи ботанічної класифікації. Системи живої природи цих двох вчених стали підґрунтям для розвитку європейської біологічної науки та істотно не змінювались аж до VIII ст. н. е.

У період середньовіччя (V–XV ст. н. е.) біологія розвивалася здебільшого як описова наука. Накопичені факти в ті часи часто були спотвореними. Приміром, трапляються описи різних міфічних істот, як-от «морського монаха», що ніби з'являвся морякам перед штормом, або морських зірок з обличчям людини тощо.

В епоху Відродження швидкий розвиток промисловості, сільського господарства, видатні географічні відкриття поставили перед наукою нові завдання, чим стимулювали її розвиток. Так, з винайденням світлового мікроскопа пов'язане становлення *цитології*. Світловий мікроскоп з окуляром та об'єктивом з'явився на початку XVII ст., однак його винахідник достеменно невідомий; зокрема, великий італійський вчений Г. Галілей демонстрував винайдений ним дволінзовий збільшувальний прилад ще в 1609 р. А 1665 року, вивчаючи за допомогою вдосконаленого власноруч мікроскопа тоненькі зрізи корка бузини, моркви та ін., **Роберт Гук** (мал. 1.3) відкрив клітинну будову рослинних тканин і запропонував сам термін *клітина*. Приблизно в цей самий час голландський натураліст **Антоні ван Левенгук** (мал. 1.4) виготовив унікальні лінзи з 150–300-кратним збільшенням, через які вперше спостерігав одноклітинні організми (одноклітинні тварини й бактерії), сперматозоїди, еритроцити та їхній рух у капілярах.

Усі накопичені наукові факти про різноманіття живого узагальнив видатний шведський учений XVIII ст.



Мал. 1.2. Арістотель
(384–322 рр. до н. е.)



Мал. 1.3. Роберт Гук
(1635–1703)



Мал. 1.4. Антоні ван Левенгук
(1632–1723)





Мал. 1.5. Карл
Лінней (1707–1778)

Карл Лінней (мал. 1.5). Він наголошував на тому, що в природі існують групи особин, які нагадують одна одну за особливостями будови, потребами до довкілля, заселяють певну частину поверхні Землі, здатні схрещуватися між собою та давати плідних нащадків. Такі групи, кожна з яких має певні відмінності від інших, він вважав *видами*. Лінней започаткував сучасну систематику, а також створив власну класифікацію рослин і тварин. Він ввів латинські наукові назви видів, родів та інших систематичних категорій, описав понад 7500 видів рослин і близько 4000 видів тварин.



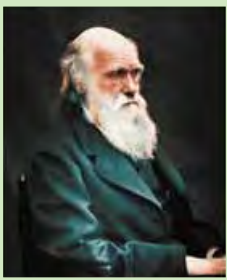
Мал. 1.6. Теодор
Шванн (1810–1882)

Важливий етап у розвитку біології пов'язаний зі створенням *клітинної теорії* та розвитком еволюційних ідей. Зокрема, було виявлено ядро в клітині: уперше його 1828 року спостерігав у рослинній клітині англійський ботанік **Роберт Броун** (1773–1858), який згодом (1833) запропонував термін «ядро». 1830 року ядро яйцеклітини курки описав чеський дослідник **Ян Пуркіне** (1787–1869). Спираючись на праці цих учених та німецького ботаніка **Маттіаса Шлейдена** (1804–1881), німецький зоолог **Теодор Шванн** (мал. 1.6) 1838 року сформулював основні положення клітинної теорії, згодом доповнені німецьким цитологом **Рудольфом Вірховим** (1821–1902).



Мал. 1.7. Жан-Батіст Ламарк
(1744–1829)

На початку XIX ст. **Жан-Батіст Ламарк** (мал. 1.7) запропонував першу цілісну еволюційну гіпотезу (1809), звернув увагу на роль чинників навколишнього середовища в еволюції живих істот. Найвагоміший внесок у подальший розвиток еволюційних поглядів зробив один з найвидатніших біологів світу – англійський учений **Чарльз Дарвін** (мал. 1.8). Його еволюційна гіпотеза (1859) започаткувала теоретичну біологію й значно вплинула на розвиток інших природничих наук. Учення Ч. Дарвіна згодом було доповнене і розширене працями його послідовників і як завершена система поглядів під назвою «дарвінізм» остаточно сформувалося на початку XX ст. Найбільшу роль у розвитку дарвінізму того часу відіграв знаменитий німецький учений **Ернст Геккель** (мал. 1.9), який, зокрема, запропонував 1866 року назву науки про взаємозв'язки організмів та їхніх угруповань з умовами середовища життя – *екологія*. Він намагався з'ясувати та схематично зобразити шляхи еволюції різних систематичних груп тварин і рослин, заклавши основи *філогенії*.



Мал. 1.8. Чарльз
Дарвін (1809–1882)

Важливий внесок у розвиток учення про вищу нервову діяльність та фізіологію травлення хребетних тварин і людини зробили російські вчені – **Іван Михайлович Сеченов** та **Іван Петрович Павлов** (мал. 1.10, 1.11), про що вам уже відомо з курсу біології 9-го класу.

У середині XIX ст. були закладені підвалини науки про закономірності спадковості й мінливості організмів – *генетики*. Датою її народження вважають 1900 рік, коли три вчені, які робили досліді з гібридизації рослин, – голландець **Гуго де Фріз** (1848–1935) (йому належить термін

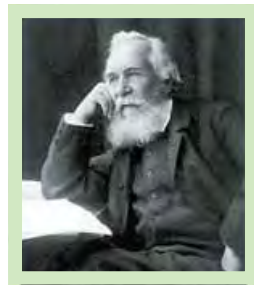


мутація), німець **Карл Еріх Корренс** (1864–1933) та австрієць **Еріх Чермак** (1871–1962) – незалежно один від одного нагнали на забуту працю чеського дослідника **Грегора Менделя** (мал. 1.12) «Досліди над рослинними гібридами», видану ще 1865 року. Ці вчені були вражені тим, наскільки результати їхніх дослідів збігалися з отриманими Г. Менделем. Згодом закони спадковості, встановлені Г. Менделем, сприйняли науковці різних країн, а ретельні дослідження довели їхній універсальний характер. Назву «генетика» запропонував 1907 року англійський учений **Уільям Бетсон** (1861–1926). Величезний внесок у розвиток генетики зробив американський учений **Томас Хант Морган** (мал. 1.13) зі своїми співробітниками. Підсумком їхніх досліджень стало створення *хромосомної теорії спадковості*, яка вплинула на подальший розвиток не лише генетики, а й біології в цілому. Нині генетика стрімко розвивається і посідає одне з центральних місць у біології.

Наприкінці XIX ст. (1892) російський учений **Дмитро Йосипович Івановський** (1864–1920) відкрив неклітинні форми життя – віруси. Цю назву невдовзі запропонував голландський дослідник **Мартин Віллем Бейєринк** (1851–1931). Однак розвиток вірусології став можливий лише з винайденням електронного мікроскопа (30-ті роки XX ст.), здатного збільшувати об'єкти досліджень у десятки й сотні тисяч разів. Завдяки електронному мікроскопу людина змогла детально вивчити клітинні мембрани, найдрібніші органели та включення.

У XX ст. бурхливо розвивалися *молекулярна біологія, генетична інженерія, біотехнологія* тощо. Американський учений – біохімік **Джеймс Уотсон**, англійські – біолог **Френсис Крік** (мал. 1.14) та біофізик **Морріс Уїлкінс** (1916–2004) у 1953 році відкрили структуру ДНК (за це їм 1962 року присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології та медицини), а згодом з'ясували роль нуклеїнових кислот у збереженні й передачі спадкової інформації.

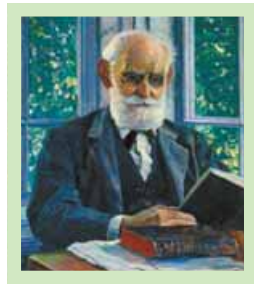
Два біохіміки – іспанець **Северо Очоа** (1905–1993) та американець **Артур Корнберг** (1918–2001) стали лауреатами Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини



Мал. 1.9. Ернст Геккель (1834–1919)



Мал. 1.10. І. М. Сеченов (1829–1905)



Мал. 1.11. І. П. Павлов (1849–1936)



Мал. 1.12. Грегор Мендель (1822–1884)



Мал. 1.13. Томас Хант Морган (1866–1945)



Мал. 1.14. Джеймс Уотсон (1928 р. н.) (1) і Френсис Крік (1916–2004) (2)



Мал. 1.15.
О.О. Ковалевський
(1840–1901)



Мал. 1.16.
І.І. Шмальгаузен
(1884–1963)



Мал. 1.17.
І.І. Мечников
(1845–1916)



Мал. 1.18.
С.Г. Навашин
(1857–1930)

1959 року за відкриття механізмів біосинтезу РНК і ДНК. А протягом 1961–1965 років завдяки роботам лауреатів Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини 1968 року американських біохіміків **Маршалла Ніренберга** (1927–2010), **Роберта Холлі** (1922–1993) та індійського біохіміка **Хара Гобінда Хорани** (1922–2010) було розшифровано генетичний код і з'ясовано його роль у синтезі білків.

У розробці біотехнологічних процесів часто застосовують методи генетичної та клітинної інженерії. **Генетична інженерія** – це прикладна галузь молекулярної генетики та біохімії, яка розробляє методи перебудови спадкового матеріалу організмів вилученням або введенням окремих генів чи їхніх груп. Поза організмом гени вперше синтезував 1969 року Х.Г. Хорана. Того ж року вперше вдалося виділити в чистому вигляді гени бактерії – кишкової палички. За останні десятиріччя вчені розшифрували структуру спадкового матеріалу різних організмів (мух-дрозофіл, кукурудзи та ін.), і людини зокрема. Це дає можливість вирішити багато проблем, наприклад, лікування різноманітних хвороб, збільшення терміну життя людини, забезпечення людства продуктами харчування та ін.

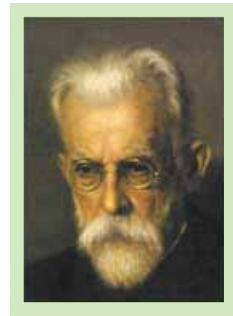
За свої дослідження в галузі біохімії отримали Нобелівську премію по фізіології та медицині 1953 року два біохіміки німецького походження – англійський **Ханс Адольф Кребс** (1900–1981) та американський **Фріц Альберт Ліпман** (1899–1986) за відкриття циклу біохімічних реакцій під час кисневого етапу енергетичного обміну (названий циклом Кребса). Американський хімік **Мелвін Калвін** (1911–1997) вивчив етапи перетворення карбон(II) оксиду на вуглеводи під час темної фази фотосинтезу (цикл Кельвіна), за що отримав Нобелівську премію з хімії в 1961 році. 1997 року американському лікарю-біохіміку **Стенлі Прузінеру** (1942 р. н.) було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини за дослідження пріонів – білкових інфекційних частинок, здатних спричиняти смертельно небезпечні захворювання головного мозку людини та сільськогосподарських тварин («коров'ячий сказ» та ін.).

Важливий внесок у розвиток біології належить українським ученим. Зокрема, дослідження **Олександра Онуфріївича Ковалевського** (мал. 1.15) та **Івана Івановича Шмальгаузена** (мал. 1.16) відіграли важливу роль у розвитку порівняльної анатомії тварин, філогенії та еволюційних поглядів. **Ілля Ілліч Мечников** (мал. 1.17) відкрив явище фагоцитозу і розвинув теорію клітинного імунітету, за що йому було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини в 1908 році. Він також запропонував гіпотезу походження багатоклітинних тварин. О.О. Ковалевського та І.І. Мечникова справедливо вважають засновниками еволюційної ембріології. Всесвітню славу українській ботанічній школі приніс **Сергій Гаврилович Навашин** (мал. 1.18), який 1898 року відкрив процес подвійного запліднення у квіткових рослин.





Важко уявити сучасний розвиток екології без праць нашого видатного співвітчизника – **Володимира Івановича Вернадського** (мал. 1.19). Він створив учення про *біосферу* – єдину глобальну екосистему планети Земля, а також *ноосферу* – новий стан біосфери, спричинений розумовою діяльністю людини. Як це часто буває, ідеї В.І. Вернадського випередили свій час. Лише тепер його прогнози про *ноосферу* розглядають як своєрідну програму, покликану забезпечити гармонійне співіснування людини та навколишнього природного середовища, яке спирається на екологізацію всіх сфер діяльності людини: промисловості, транспорту, тваринництва та рільництва. В.І. Вернадський започаткував нову науку – *біогеохімію*, що вивчає біохімічну діяльність живих організмів з перетворення геологічних оболонок нашої планети.



Мал. 1.19.
В.І. Вернадський
(1863–1945)

Великі досягнення в українській ботанічній науці належать **Олександру Васильовичу Фоміну**, **Миколі Григоровичу Холодному**, **Миколі Миколайовичу Гришку** (1901–1964), зоологічній – **Карлу Федоровичу Кесслеру** (1815–1881), **Володимиру Опанасовичу Караваєву** (1864–1939), **Вадиму Олександровичу Топачевському** (1930–2004), біохімії – **Олександру Володимировичу Палладіну**, **Миколі Євдокимовичу Кучеренку** (1938–2008), гідробіології – **Олександру Вікторовичу Топачевському** (1897–1975), радіобіології – **Дмитру Михайловичу Гродзинському** (1929 р. н.), генетиці – **Сергію Михайловичу Гершензону**, мікробіології – **Данилу Кириловичу Заболотному** та **Миколі Григоровичу Холодному**, фізіології людини і тварин – **Олександру Олександровичу Богомолю**, **Василію Юрійовичу Чаговцю** (1873–1941), **Платону Григоровичу Костюку**, паразитології – **Олександру Прокоповичу Маркевичу** (1905–1999) та багатьом іншим (мал. 1.20).



Мал. 1.20. Вітчизняні вчені-біологи: О.В. Фомін (1869–1935) (1); М.Г. Холодний (1882–1953) (2); О.В. Палладін (1885–1972) (3); С.М. Гершензон (1906–1998) (4); О.О. Богомолець (1881–1946) (5); Д.К. Заболотний (1866–1929) (6); П.Г. Костюк (1924–2010) (7)



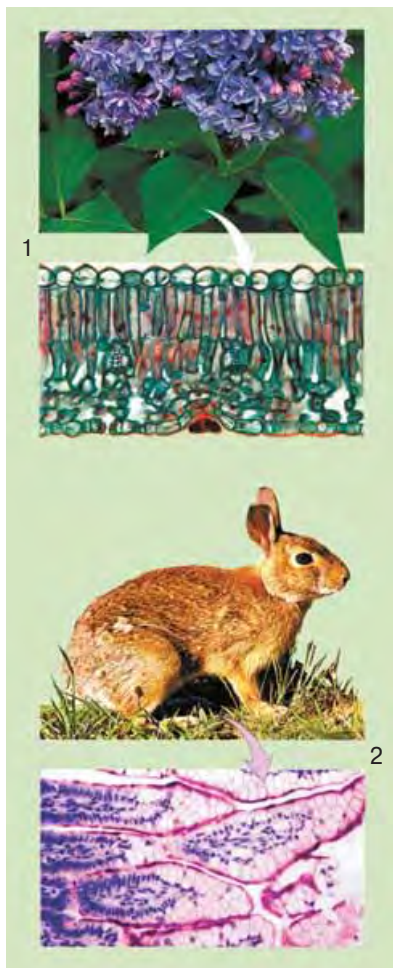
§ 2. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ



Пригадайте:

які ознаки притаманні рослинам, грибам, бактеріям і тваринам? Що таке подразливість? Які організми називають еукаріотами та прокаріотами? Що таке регенерація, подразливість, рефлекс, розмноження? Що таке система, популяція, екосистема, біосфера, колообіг речовин?

• **Властивості живої матерії.** Хоча біологія досліджує різні прояви життя протягом багатьох сторіч, навіть на сучасному етапі її розвитку важко дати чітке й стисле визначення поняття «життя». Тому перелічимо основні властивості, притаманні живій матерії. Більшість з них вам відомі з попередніх курсів біології.



Мал. 2.1. Рослина та клітинна будова листка (1); тварина та клітинна будова її тканини (2)

Кожна жива істота, або організм, складається з окремих часток – клітин (мал. 2.1). Неживі предмети (за винятком решток організмів) клітинної будови не мають. Таким чином, *клітина* – це структурно-функціональна одиниця організації живих організмів. Неклітинні форми життя – віруси – здатні виявляти прояви життєдіяльності лише всередині клітин тих організмів, в яких вони паразитують.

Організми та неживі об'єкти відрізняються співвідношенням хімічних елементів, що входять до їхнього складу. До складу живих істот входять ті самі хімічні елементи, з яких складаються й неживі об'єкти. Проте хімічний склад усіх організмів відносно подібний, тоді як у різних компонентів неживої природи він відрізняється. Наприклад, у водній оболонці Землі (гідросфері) переважають Гідроген та Оксиген, у газоподібній (атмосфері) – Оксиген і Нітроген, у твердій (літосфері) – Силіцій, Оксиген тощо. Натомість у складі всіх живих істот переважають чотири хімічні елементи: Гідроген, Карбон, Нітроген та Оксиген.

Живій матерії притаманний обмін речовинами та енергією з навколишнім середовищем. Живі організми здатні засвоювати органічні сполуки, причому деякі з них синтезують ці речовини з неорганічних (рослини, ціанобактерії, деякі бактерії та одноклітинні тварини). Поживні речовини (а також H_2O , CO_2 і O_2) живі істоти отримують з довкілля, тобто *живляться* та дихають. Сполуки, які надходять до





живих організмів, зазнають у них змін. Частина їх використовується для забезпечення власних потреб організму в енергії, а інша частина – як будівельний матеріал, необхідний для росту та оновлення окремих клітин і організму в цілому. Нагадаємо, що енергія виділяється внаслідок розщеплення органічних сполук.

Процеси обміну речовин (**метаболізму**) становлять сукупність фізичних і хімічних процесів, що відбуваються як в окремих клітинах, так і в цілісному багатоклітинному організмі. Кінцеві продукти обміну речовин організми виводять у довкілля. Туди ж виділяється й частина енергії. Отже, будь-який організм є **відкритою системою**. Це означає, що він може тривалий час функціонувати лише за умов надходження ззовні енергії, поживних та інших речовин.

Кожна біологічна система здатна до саморегуляції. Обмін речовин забезпечує одну з найголовніших умов існування живих істот – підтримання **гомеостазу** – здатності біологічних систем зберігати відносну сталість свого складу та властивостей за змін умов навколишнього середовища. Підтримання гомеостазу забезпечують **системи, які регулюють життєві функції**. У багатьох тварин до регуляторних систем належать нервова, імунна та ендокринна, у рослин – окремі клітини, які виділяють біологічно активні речовини (фітогормони, фітонциди та ін.). Усі процеси життєдіяльності відбуваються узгоджено.

Біологічним системам притаманна здатність до підтримання своєї специфічної структури. Біологічним системам – від неклітинних форм життя (вірусів) до надорганізованих угруповань (популяцій, екосистем, біосфери в цілому) – властива чітка внутрішня структура. Наприклад, багатоклітинні організми здатні до **регенерації** – відновлення втрачених або ушкоджених структур.

Іноді здатність до регенерації може бути дуже яскраво вираженою: деяких губок можна розтерти в ступці до кашкоподібного стану; при вміщенні такої «кашки» у водне середовище окремі клітини знову об'єднуються, формуючи згодом цілісний організм. А з прикопаного невеликого пагона верби з часом виростає нове дерево.

Характерна риса організмів – здатність до рухів. Рух властивий не лише тваринам, а й рослинам (мал. 2.2). Багато мікроскопічних одноклітинних водоростей, одноклітинних тварин чи бактерій рухаються у воді за допомогою органел руху – джгутиків.

Живій матерії притаманна здатність сприймати подразники зовнішнього та внутрішнього (тобто ті, що виникають у самому організмі) середовища і певним чином на них реагувати (подразливість). Наприклад, дотик до листка мімози соромливої (зростає в Криму) спричинює його провисання. У тварин реакції на подразники, які здійснюються за участі нервової системи, називають **рефлексами**.

Усім біологічним системам притаманна здатність до самовідтворення. Організми здатні утворювати собі подібних, тобто вони здатні до **розмноження**. Завдяки здатності до розмноження існують не лише окремі види, а й життя взагалі.



Мал. 2.2. Колові рухи ліан навколо стовбура дерева

Живі організми здатні до росту та розвитку. Завдяки *росту* організми збільшують свої розміри та масу. При цьому одні з них (наприклад, рослини, риби) ростуть протягом усього життя, інші (наприклад, птахи, ссавці, людина) – упродовж лише певного часу. Ріст зазвичай супроводжується *розвитком* – якісними змінами, пов'язаними з набуттям нових рис будови та особливостей функціонування.

Пригадайте будову заплідненої яйцеклітини, зародка людини, який з неї розвивається, та дорослого організму. Ви не заперечуватимете, що зародок, а тим паче доросла людина, організовані значно складніше, ніж клітина, з якої вони розвинулись. Це пов'язано з тим, що під час розвитку багатоклітинних організмів збільшується кількість клітин, з яких вони складаються, відбуваються їхня диференціація, формування нових органів.

Існування організмів тісно пов'язане зі збереженням спадкової інформації та її передачею нащадкам під час розмноження. Це забезпечує стабільність існування видів, адже нащадки зазвичай більш-менш схожі на своїх батьків. Водночас живим істотам притаманна й *мінливість* – здатність набувати нових ознак протягом індивідуального розвитку. Завдяки мінливості організми здатні набувати нових ознак і пристосовуватися до змін довкілля. Це необхідна передумова як для виникнення нових видів, так і для історичного розвитку життя на нашій планеті, тобто еволюції.

Біологічні системи здатні до адаптацій. Нагадаємо, що *адаптаціями* називають виникнення пристосувань у живих систем у відповідь на змі-

ни, які відбуваються в їхньому зовнішньому чи внутрішньому середовищах. На малюнку 2.3 показано дві форми зайця білого – літня та зимова. Зміна темного літнього забарвлення на біле зимове – це пристосування до існування на тлі снігового покриву, що робить тварину менш помітною для ворогів. Адаптації можуть бути пов'язані зі змінами особливостей будови (пригадайте плавальні перетинки у водоплавних птахів чи крокодилів), процесів життєдіяльності (зимова сплячка бурих ведмедів), поведінки (перельоти птахів) тощо. Адаптації визначають можливість існування живих істот у різноманітних умовах довкілля.

Отже, *живі організми та надорганізмові системи – це цілісні біологічні системи, здатні до самооновлення, саморегуляції та самостворення.*

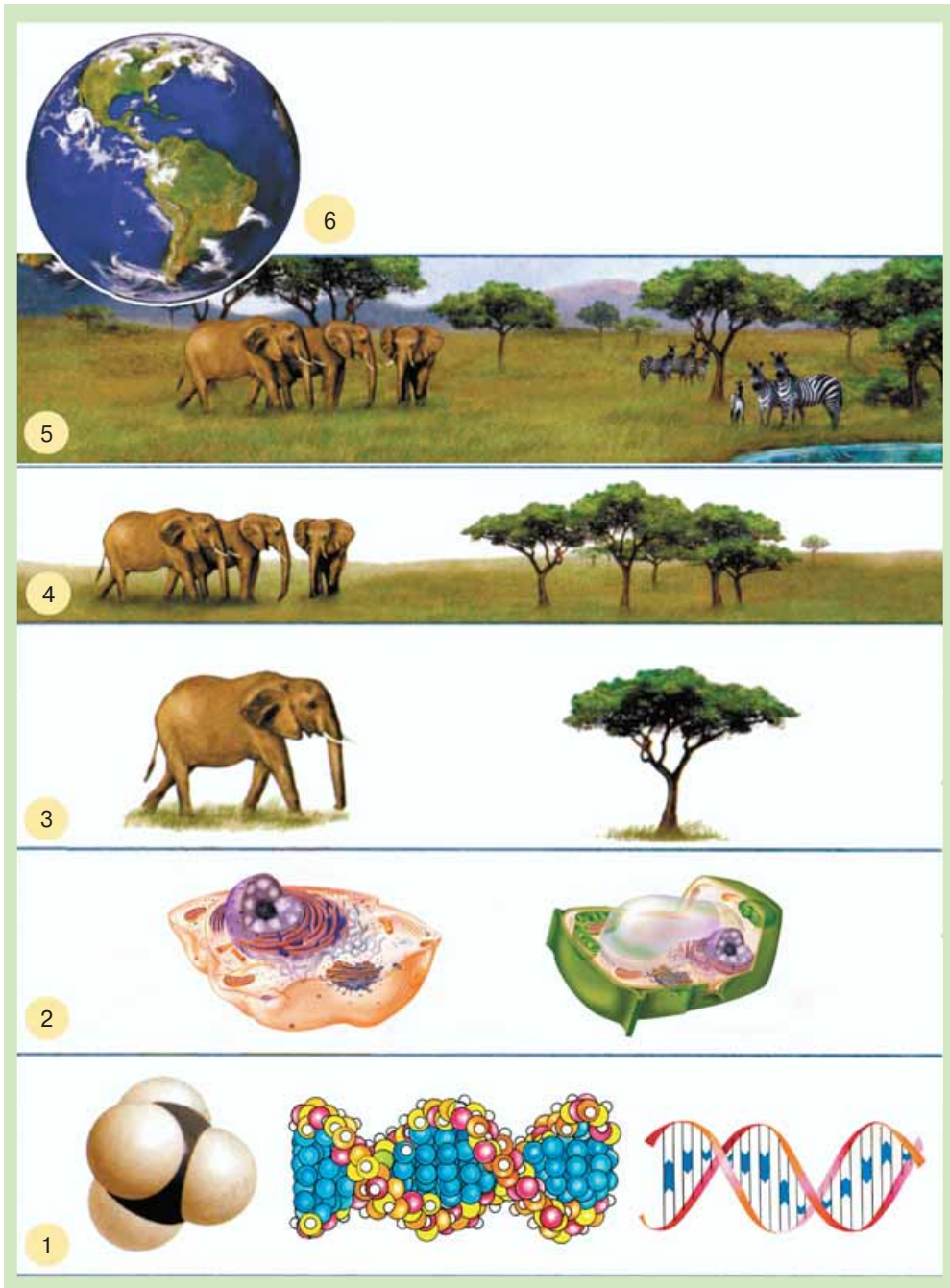
Жива матерія може перебувати на різних рівнях організації, що поступово сформувалися в процесі її еволюції, – від простих до складніших.

• **Рівні організації живої матерії.** Розрізняють такі рівні організації живої матерії: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний, або біогеоценотичний, і біосферний (мал. 2.4).



Мал. 2.3. Зимове (1) і літнє (2) «вбрання» зайця білого





Мал. 2.4. Рівні організації живої матерії: 1 – молекулярний (відбуваються біохімічні реакції, кодується спадкова інформація); 2 – клітинний (клітини складаються з молекул); 3 – організмівий (багатоклітинні організми складаються з клітин); 4 – популяційно-видовий (види складаються з популяцій, а популяції – з окремих особин одного виду); 5 – екосистемний, або біогеоценологічний (складається з різних видів); 6 – біосферний (біосфера – сукупність усіх екосистем планети)



На молекулярному рівні (мал. 2.4, 1) відбуваються хімічні процеси і перетворення енергії, а також зберігається, змінюється і реалізується спадкова інформація. На молекулярному рівні існують елементарні біологічні системи, наприклад віруси. Цей рівень організації живої матерії досліджують *молекулярна біологія, біохімія, генетика, вірусологія*.

Клітинний рівень організації живої матерії (мал. 2.4, 2) характеризується тим, що в кожній клітині як одноклітинних, так і багатоклітинних організмів відбуваються обмін речовин і перетворення енергії, зберігається та реалізується спадкова інформація. Клітини здатні до розмноження і передачі спадкової інформації дочірнім клітинам. Отже, клітина є елементарною одиницею будови, життєдіяльності і розвитку живої матерії. Клітинний рівень організації живої матерії вивчають *цитологія, гістологія, анатомія рослин*.

Організмовий рівень (мал. 2.4, 3). У багатоклітинних організмів під час індивідуального розвитку клітини спеціалізуються за будовою та виконуваними функціями, часто формуючи тканини. З тканин формуються органи. Різні органи взаємодіють між собою у складі певної системи органів (наприклад, травна система). Цим забезпечується функціонування цілісного організму як інтегрованої біологічної системи (в одноклітинних організмів організмовий рівень збігається з клітинним). Таке функціонування насамперед пов'язане із здійсненням обміну речовин та перетворенням енергії, що запезпечує сталість внутрішнього середовища.

Організмовий рівень організації живої матерії вивчає багато наук. Окремі групи організмів досліджують *ботаніка* (об'єкт дослідження – рослини), *зоологія* (об'єкт дослідження – тварини), *мікологія* (об'єкт дослідження – гриби), *бактеріологія* (об'єкт дослідження – бактерії). Будову організмів вивчає *анатомія*, а процеси життєдіяльності – *фізіологія*.

Популяційно-видовий рівень. Усі живі організми належать до певних біологічних видів. Організми одного виду мають спільні особливості будови та процесів життєдіяльності, екологічні вимоги до середовища мешкання. Вони здатні залишати плодючих нащадків. Особини одного виду об'єднуються в групи – *популяції*, які мешкають на певних частинах території поширення даного виду (мал. 2.4, 4). Популяції одного виду більш-менш відмежовані від інших. Популяції є не тільки елементарними одиницями виду, а й еволюції, оскільки в них відбуваються основні еволюційні процеси, про які ви дізнаєтеся згодом. Ці процеси здатні забезпечити формування нових видів, що підтримує біологічне різноманіття нашої планети.

Популяційно-видовий рівень організації характеризується високим біорізноманіттям. Ви знаєте, що на нашій планеті мешкає майже 2,5 млн видів бактерій, ціанобактерій, рослин, грибів, тварин.

Екосистемний, або біогеоценотичний, рівень. Популяції різних видів, які населяють спільну територію, взаємодіють між собою та з чинниками неживої природи, входять до складу надвидових біологічних систем – *екосистем* (мал. 2.4, 5). Нагадаємо, що екосистеми, які охоплюють територію з подібними фізико-кліматичними умовами, називають також *біогеоценозами*. Біогеоценози здатні до самовідтворення. Для них характерні постійні потоки енергії між популяціями різних видів, а також постійний





обмін речовиною між живою та неживою частинами біогеоценозів, тобто **колообіг речовин**.

Біосферний рівень. Окремі екосистеми нашої планети разом утворюють **біосферу** – частину оболонки Землі, населену живими організмами (мал. 2.4, 6). Біосфера становить єдину глобальну екосистему нашої планети. Біосферний рівень організації живої матерії характеризується глобальним колообігом речовин і потоками енергії, які забезпечують функціонування біосфери. Надорганізмові рівні організації живої матерії – популяції, екосистеми та біосферу в цілому – вивчає **екологія**.

Запам'ятайте: усі рівні організації живої матерії взаємопов'язані між собою: нижчі рівні входять до складу вищих.

Ключові терміни та поняття. *Гомеостаз, відкрита система, адаптація, популяція, біогеоценоз, колообіг речовин.*

Основні властивості, притаманні живій матерії:

- ▶ Кожна жива істота, або організм, складається з окремих структурно-функціональних одиниць – клітин. Неклітинні форми життя – віруси – паразитують усередині клітин інших організмів.
- ▶ Живі організми та неживі об'єкти відрізняються співвідношенням хімічних елементів, що входять до їхнього складу. У живих організмах переважають чотири хімічні елементи: Гідроген, Карбон, Нітроген та Оксиген.
- ▶ Живі системи відкриті, тобто здатні до обміну речовин (метаболізму) та енергією з довкіллям.
- ▶ Кожна біологічна система здатна до саморегуляції шляхом підтримання гомеостазу.
- ▶ Біологічним системам притаманна здатність до підтримання своєї специфічної структури.
- ▶ Характерна риса більшості живих організмів – здатність до рухів.
- ▶ Живій матерії притаманна подразливість, тобто здатність сприймати подразники зовнішнього та внутрішнього середовища і певним чином на них реагувати.
- ▶ Для всіх біологічних систем характерна здатність до самовідтворення.
- ▶ Організмам властиві ріст і розвиток.
- ▶ Існування організмів тісно пов'язане зі збереженням спадкової інформації та її передачею нащадкам під час розмноження. Водночас живим істотам притаманна й мінливість – здатність набувати нових ознак протягом індивідуального розвитку.
- ▶ Біологічні системи здатні до адаптацій – пристосувань до змін, які відбуваються в зовнішньому чи внутрішньому середовищах.
- ▶ Розрізняють такі рівні організації живої матерії: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний, або біогеоценотичний, і біосферний.

**Коротко
про
головне**





Запитання для самоконтролю

1. Які хімічні елементи найпоширеніші в сполуках живих організмів?
2. Чому біологічні системи належать до відкритих? 3. Що таке гомеостаз?
4. Які ви знаєте рівні організації живої матерії?
5. Як співвідносяться різні рівні організації живої матерії між собою?
6. Що слугує середовищем життя для біосфери?

Поміркуйте. 1. Чим можна пояснити наявність різних рівнів організації живої матерії? 2. Користуючись матеріалом параграфа, спробуйте сформулювати поняття «життя». Чи можна вважати його повним?

§ 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОЛОГІЇ. ЗНАЧЕННЯ ДОСЯГНЕНЬ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ І СУСПІЛЬСТВА



Пригадайте: за допомогою яких методів досліджують одноклітинні організми?

• **Основні методи біологічних досліджень.** Живу матерію на різних рівнях організації досліджують також різними методами, основні з яких – порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг і моделювання. Отримані результати обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.

За допомогою **порівняльно-описового методу** описують нові для науки види організмів, процеси чи явища. Його започаткував давньогрецький учений Арістотель. Однак часто замало просто описати новий вид організмів, процес, явище тощо. Щоб встановити своєрідність об'єкта досліджень, його необхідно порівняти з іншими подібними об'єктами, процесами чи явищами. Наприклад, відкриття нових для науки видів неможливе без аналізу їхньої подібності та відмінностей від близьких форм. Те саме стосується органічних сполук, біохімічних процесів, будови та функцій клітин, тканин, організмів, екосистем тощо.

Для наукового дослідження будь-який біологічний об'єкт потрібно **класифікувати**, тобто визначити його належність до тієї чи іншої групи (наприклад, органічних речовин – до білків, ліпідів, вуглеводів чи нуклеїнових кислот тощо, живих істот – до відповідного виду, роду, родини і т. д.). Порівняння об'єктів дослідження можливе лише в межах певного рівня організації (наприклад, порівняння певної молекули з іншими молекулами, клітини – з іншими клітинами, виду – з іншими видами тощо).

Експериментальний метод полягає в тому, що дослідники активно втручаються в будову об'єктів досліджень, перебіг тих чи інших процесів, явищ і спостерігають за наслідками такого втручання. Експерименти бувають польові та лабораторні. **Польові експерименти** здійснюють у природних умовах: на експериментальних ділянках вивчають дію певних речовин на ріст рослин, випробовують заходи боротьби зі шкідниками, досліджують вплив господарської діяльності людини на природні екосистеми тощо. **Лабораторні експерименти** проводять у спеціально обладнаних приміщеннях (лабораторіях) (мал. 3.1). У таких дослідженнях часто використовують піддослідні організми, яких дослідники штучно розводять та утримують. Деякі лабораторні культури дали початок промисловим культурам, які використовують для одержання потрібних людині





Мал. 3.1. Сучасні біологічні лабораторії

продуктів. Це один з напрямів досліджень у біотехнології (наприклад, використання дріжджів у хлібопекарській справі, виноробстві; бактерій і грибів – для отримання антибіотиків тощо).

Моніторинг – постійне стеження за перебігом певних процесів в окремих популяціях, екосистемах, біосфері в цілому чи за станом певних біологічних об'єктів. Його здійснюють здебільшого на популяційно-видовому, біогеоценотичному чи біосферному рівнях. Він дає змогу не тільки визначати стан певних об'єктів, а й прогнозувати можливі зміни, аналізувати їхні наслідки. Наприклад, зміни клімату на нашій планеті можливі в зв'язку з накопиченням в атмосфері вуглекислого газу. Здійснюючи моніторинг його вмісту в атмосфері, можна припустити, як це впливатиме на зміну клімату нашої планети. Таким чином, моніторинг дає можливість своєчасно виявляти негативні зміни у структурі та функціонуванні окремих популяцій, біогеоценозів чи біосфері в цілому і своєчасно розробляти заходи їх охорони.

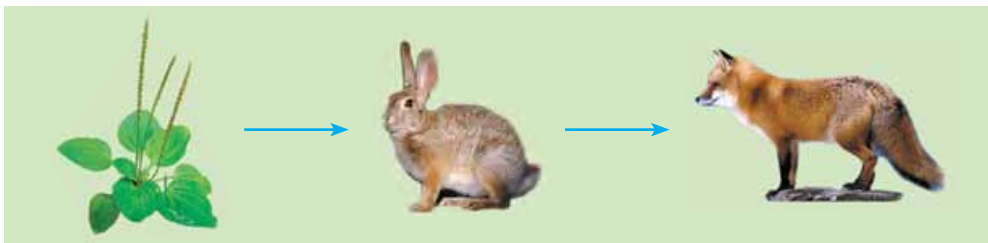
Моделювання – метод дослідження та демонстрування структур, функцій, процесів за допомогою їхньої спрощеної імітації. Моделювання є обов'язковим етапом багатьох наукових досліджень, бо дає змогу вивчати об'єкти та процеси, які неможливо безпосередньо спостерігати чи відтворювати експериментально. Будь-яка модель неминуче спрощена. Вона не може виявити всю складність об'єктів, процесів чи явищ, які спостерігають у природі, а відображає лише їхні загальні риси чи ймовірний перебіг. За допомогою моделювання учені прогнозують можливі наслідки тих чи інших процесів або явищ, створюють певні ідеальні об'єкти чи явища й порівнюють з ними реальні. Наприклад, для дослідження багатьох небезпечних хвороб людини створюють моделі цих процесів у піддослідних тварин.

Моделі можуть бути статичними та динамічними. Приклади *статичних моделей* вам не раз демонстрували на уроках біології, наприклад моделі будови квітки, головного мозку чи інших органів. Їх можна роздивлятися, не втручаючись в їхню структуру. А ось за допомогою акваріума (мал. 3.2) можна створити *динамічну модель* водної еко-



Мал. 3.2. Акваріум як модель водної екосистеми





Мал. 3.3. Харкові зв'язки між організмами можна описати за допомогою математичної моделі. (*Розв'яжіть задачу.* Зайцю, для того щоб збільшити масу на 5 кг, треба з'їсти 50 кг рослин. Лисиця, якщо з'їсть зайця масою 5 кг, збільшить свою масу лише на 500 г. Визначте, яка частина їжі засвоюється, а яка – втрачається)

системи. Змінюючи видовий склад організмів, хімічний склад води тощо, можна спостерігати за наслідками такого втручання.

Теоретичні основи математичних моделей біологічних процесів і явищ розробляє *математична біологія*. **Математична модель** – це чисельне вираження парних зв'язків (у вигляді системи диференціальних рівнянь) у межах певного об'єкта, процесу чи явища. Змінюючи числове значення одного з показників, введених у модель, можна спостерігати, як змінюватимуться й інші, тобто як поводитиме себе дана система за певних умов. Наприклад, можна створити модель харчових зв'язків у екосистемі, описуючи зв'язки між окремими видами: рослина – рослиноїдний вид, рослиноїдний вид – хижак і т. д. (мал. 3.3).

Математичне моделювання в біології – сукупність математичних методів аналізу складних кількісних взаємозв'язків і закономірностей у біологічних системах. Його здійснюють за допомогою комп'ютерної техніки, яка дає змогу зберігати величезні обсяги даних і швидко їх обробляти за допомогою спеціальних програм. Математичне моделювання дає змогу спостерігати за можливими варіантами перебігу подій, виділяти окремі зв'язки, комбінувати їх тощо. Передумовою створення правильної математичної моделі слугують накопичення даних спостережень або експериментів про певні явища чи процеси.

Математичну модель створюють у декілька етапів. Послідовно висувають робочу гіпотезу та формують запитання, відповіді на які повинна дати модель; розробляють відповідний математичний апарат; на його основі вираховують певні дані; порівнюють їх з результатами спостережень та експериментів, перевіряючи правильність моделі. У разі істотних розходжень результатів моделювання з реальними даними модель докорінно переробляють або відкидають, оскільки це свідчить про помилковість робочої гіпотези або неправильно розроблений математичний апарат.

Гіпотеза – науково обґрунтоване припущення, висунуте для пояснення того чи іншого факту, процесу або явища. Гіпотеза, підтверджена практикою, стає **науковою теорією**.

Математичні моделі, наприклад, дають змогу визначати, яку кількість особин промислових тварин можна вилучати з природних популяцій, щоб це не позначилося на їхній чисельності; прогнозувати масові розмноження шкідників, наслідки антропогенного впливу на окремі екосистеми та біосферу (наприклад, як збільшення концентрації вуглекислого газу в





атмосфері впливає на окремі групи організмів і клімат планети загалом) тощо.

Статистичний метод. Будь-який накопичений матеріал, отриманий у результаті спостережень, експериментів або моделювання, потребує статистичної (математичної) обробки. Маса зібраних фактів, не проаналізованих і не оброблених статистично, не дає можливості виявити весь об'єм інформації, встановити певні закономірності. Перед обробкою результатів дослідники визначають завдання, які потрібно вирішити, і залежно від цього обирають той чи інший метод математичної статистики. Математична обробка необхідна для визначення ступеня достовірності та правильного узагальнення отриманих результатів.

Статистично достовірну закономірність у біології можна вважати **правил**ом або **науковим законом**. **Біологічні закони** – це статистично вивірені закономірності, що зазвичай не мають винятків і можуть бути витлумачені лише певним чином (пригадайте закони, які ви вивчали з інших предметів). З часом ви ознайомитеся з основними біологічними законами, зокрема екологічними та законами спадковості.

• **Значення біології у житті людини.** Бурхливий розвиток наук про життя у другій половині XX ст. сприяв багатьом відкриттям у галузі біології. Це, зокрема, відкриття і розшифрування генетичного коду, головних ланок синтезу білка, багатьох процесів обміну речовин у живій клітині, триває інтенсивна робота з розшифрування геному людини, рослин і тварин.

За участі учених-біологів досягнуто значного прогресу у своєчасному встановленні причин (діагностуванні) різноманітних захворювань людини, свійських тварин і культурних рослин, їхній профілактиці та лікуванні. На основі біологічно активних речовин, які виробляють різноманітні організми, дослідники створюють ефективні лікарські препарати. Сучасні вчені здатні штучно змінювати спадковий матеріал різноманітних організмів. Наприклад, до клітин бактерії кишкової палички введено гени, що відповідають за утворення гормонів, необхідних для лікування низки захворювань людини (карликовість, цукровий діабет та ін.), (*згадайте про причини цих захворювань*). Раніше ці речовини видобували з тварин у невеликих кількостях, а тепер їх можна отримувати в мікробіологічних лабораторіях згідно з потребами.

Організми із зміненим спадковим матеріалом (їх називають *генетично модифікованими*) вирізняються стійкістю до захворювань, високою продуктивністю тощо. Проте застосування цих організмів нині обмежене, оскільки ще досконало не досліджено вплив їхнього споживання на організм людини та свійських тварин.

Сучасні дослідження в галузі молекулярної біології та генетики дають змогу виявляти дефектні гени, які спричиняють спадкові захворювання, та замінювати їх на нормальні копії.

Екологія – наука, покликана своїми дослідженнями переконати людей у необхідності дбайливого ставлення до природи, жити за її законами, а не намагатися їх змінити в будь-який спосіб. Тому вона слугує теоретичною базою для планування і здійснення охорони навколишнього природного середовища. На базі екологічних досліджень створюються нові напрями охорони як окремих видів організмів, так і їхніх угруповань.



• **Завдання сучасної біології** насамперед полягають у розв'язанні найважливіших проблем людства: збільшення продовольчого потенціалу планети; поліпшення екологічного стану середовища життя людини, збереження її здоров'я і довголіття; одержання альтернативних джерел енергії. Тому актуальним буде:

- встановлення контролю над самовідновленням біоресурсів;
- створення штучних біологічних систем з потрібними людині компонентами, не порушуючи екологічної рівноваги;
- вивчення складних фізіолого-генетичних функцій організму для подолання та попередження онкологічних та інших небезпечних захворювань людини;
- використання генетично модифікованих організмів для одержання від них білків, антитіл, ферментів, гормонів, вакцин для медицини і ветеринарії;
- вивчення енергетичних і синтетичних процесів у клітині для перетворення їх у промислові біотехнології.

Ключові терміни та поняття. *Моніторинг, моделювання.*

**Коротко
про
головне**

- ▶ Живу матерію на різних рівнях організації досліджують різними методами. Основні з них – порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг і моделювання.
- ▶ Отримані внаслідок досліджень результати обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.
- ▶ Для наукового дослідження будь-який біологічний об'єкт потрібно класифікувати, тобто визначити його належність до тієї чи іншої групи (наприклад, органічних речовин – до білків, ліпідів, вуглеводів чи нуклеїнових кислот тощо, живих істот – до того чи іншого виду, роду, родини і т. д.).
- ▶ Застосування математично-статистичних методів сприяло перетворенню біології з описової науки в точну, яка базується на математичному аналізі одержаних даних.



Запитання для самоконтролю

1. Які ви знаєте методи досліджень у біології? **2.** Для чого використовують порівняльно-описовий метод дослідження? **3.** Чим характеризується експериментальний метод? **4.** Яке значення має моніторинг? **5.** Що собою становить математичне моделювання?

Поміркуйте. **1.** Які можливості відкриває комп'ютерна графіка в біологічних дослідженнях? **2.** Ознайомтеся з коротким нарисом розвитку біологічної науки (с. 7–11). Які сучасні досягнення біологічної науки, на вашу думку, допоможуть розв'язати такі головні проблеми сьогодення, як забезпечення людства продовольством та енергією?





ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. **Укажіть, як називають сукупність процесів надходження поживних речовин із зовнішнього середовища, їхнього перетворення в організмі та виділення продуктів життєдіяльності:** а) фагоцитоз; б) метаболізм; в) гомеостаз; г) подразливість.
2. **Визначте, як називають здатність біологічних систем зберігати відносну стабільність складу та властивостей свого внутрішнього середовища:** а) фагоцитоз; б) метаболізм; в) гомеостаз; г) адаптація.
3. **Назвіть організми, яким притаманні рефлекси:** а) прокаріоти; б) гриби; в) рослини; г) тварини.
4. **Зазначте біологічні системи, які перебувають на молекулярному рівні організації живої матерії:** а) гриби; б) рослини; в) ціанобактерії; г) віруси.
5. **Визначте найвищий рівень організації живої матерії:** а) популяційно-видовий; б) біосферний; в) організмовий; г) екосистемний.
6. **Назвіть метод, який учені застосовують при описанні нових видів:** а) експериментальний; б) порівняльно-описовий; в) математичне моделювання; г) моніторинг.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. **Укажіть біологічні системи, здатні до саморегуляції:** а) популяція в дикій природі; б) порода тварин; в) поле пшениці; г) екосистема.
2. **Назвіть об'єкти, які належать до надорганізмових біологічних систем:** а) екосистема; б) таламус; в) популяція; г) мітохондрія.
3. **Укажіть особливості біологічних систем, які відрізняють їх від неживих об'єктів:** а) здатність до розмноження; б) здатність до росту; в) наявність особливих хімічних елементів; г) здатність до сприйняття подразників.
4. **Укажіть, які надвидові рівні організації живої матерії вивчає екологія:** а) клітинний; б) популяційно-видовий; в) екосистемний; г) біосферний.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

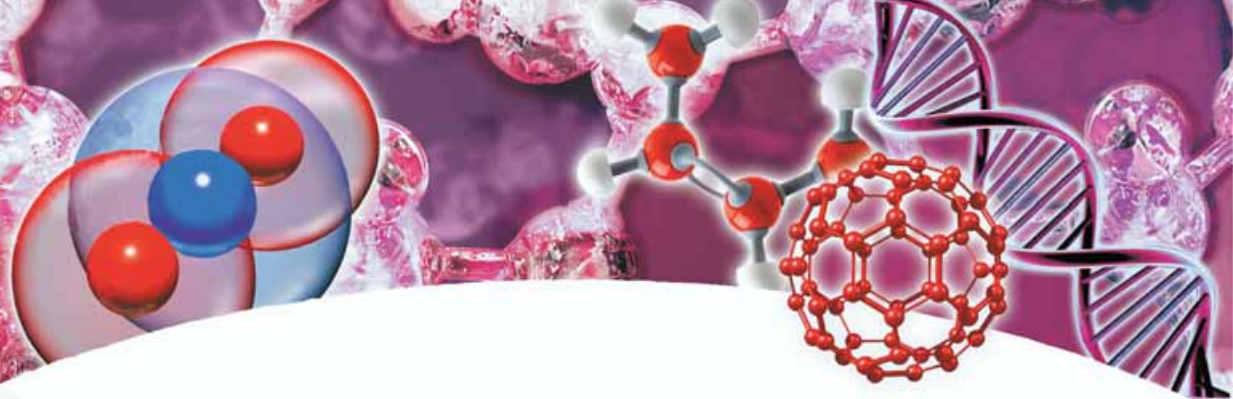
Установіть відповідність між об'єктами, процесами та явищами і рівнями організації живої матерії, яким вони відповідають:

Об'єкти, процеси та явища	Рівні організації живої матерії
1 Поділ клітини	А Молекулярний
2 Глобальний колообіг речовин	Б Клітинний
3 Жаба гостроморда	В Популяційно-видовий
4 Вірус імунodefіциту людини (ВІЛ)	Г Екосистемний
	Д Біосферний

IV. ЗАПИТАННЯ ПІДВИЩЕНОЇ СКЛАДНОСТІ

1. **Що спільного та відмінного в будові та функціонуванні клітин одноклітинних організмів і клітин, що входять до складу тих чи інших тканин?**
2. **Що спільного та відмінного в проявах подразливості в багатоклітинних рослин і багатоклітинних тварин?**





РОЗДІЛ І. **МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ**

ТЕМА 1. НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ОРГАНІЗМІВ

- хімічний склад живих організмів та особливості молекулярного рівня організації живої матерії;
- властивості й функції неорганічних сполук живих організмів;
- необхідність контролю хімічного складу води та їжі людини;
- норми вживання води людиною в різних умовах навколишнього середовища;
- можливості усунення захворювань людини, що виникли через нестачу або надлишок у її раціоні деяких хімічних елементів.

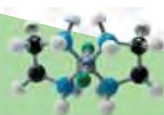
§4. ЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ОРГАНІЗМІВ



Пригадайте: що спільного між живими та неживими системами? Які гормони виділяє щитоподібна залоза? Яка їхня біологічна роль?

Ви вже знаєте, що науку, яка вивчає хімічний склад живих організмів, будову, властивості і роль виявлених у них сполук, шляхи їхнього виникнення та перетворення, називають біологічною хімією, або **біохімією**. Вона досліджує процеси обміну речовин і перетворення енергії в організмах на молекулярному рівні. Одне з головних завдань біохімії – з'ясування механізмів регуляції життєдіяльності клітин і організму в цілому, які забезпечують єдність процесів обміну речовин і перетворення енергії в організмі.

• **Елементний склад живих організмів.** Хімічний склад організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, **відносно сталий**. З понад 100 різних типів атомів хімічних елементів та їхніх ізотопів у живих організмах виявляють майже 60. Одні з них є обов'язковими в усіх організмах без винятку, інші – лише в окремих. Разом з тим у живих організмах не виявлено жодного з хімічних елементів, якого б не було в неживій природі. Це одне зі свідчень єдності живої і неживої природи.

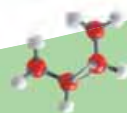


Найбільше в організмах так званих **макроелементів**, тобто хімічних елементів, сумарна частка яких – близько 99,9 % їхньої маси. До них належать Гідроген, Карбон, Нітроген, Оксиген, Кальцій, Калій, Натрій, Ферум, Магній, Сульфур, Хлор, Фосфор (див. табл. 4.1). Перші чотири з них відносять до **органогенних елементів**, оскільки їхня сумарна частка становить майже 98 % маси живих істот. Крім того, ці елементи є основними складовими органічних сполук, про які йтиметься в наступній темі.

Таблиця 4.1.

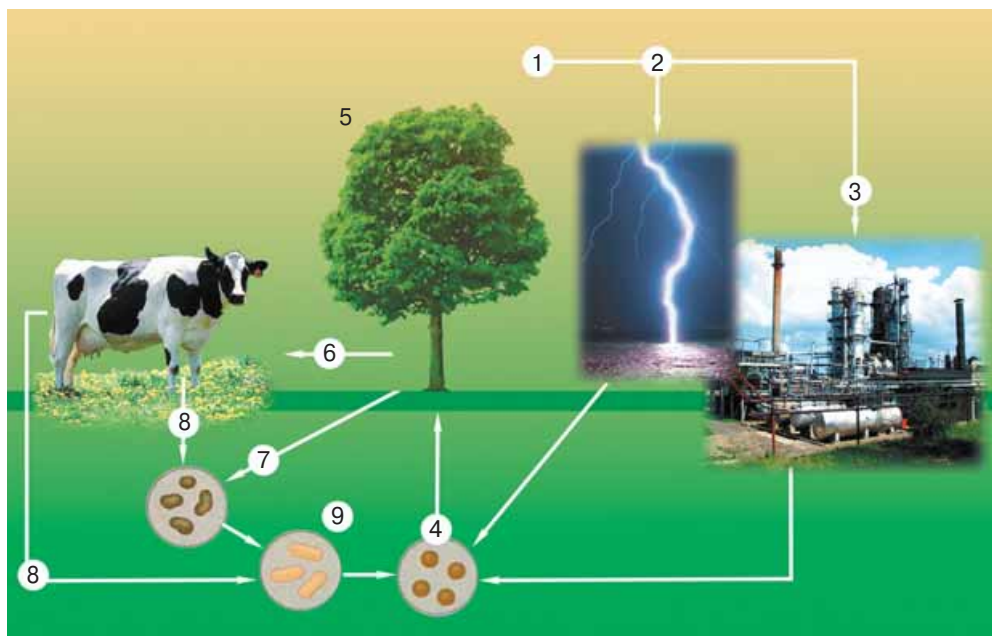
**Деякі хімічні елементи в складі живих організмів
та їхнє біологічне значення**

Елемент і його символ	Вміст від маси клітини, %	Біологічне значення
Оксиген (O)	65–75	Входить до складу молекул води, багатьох неорганічних та органічних сполук; завдяки окисненню сполук вивільняється енергія, необхідна організму
Карбон (C)	15–18	Входить до складу молекул усіх органічних і багатьох неорганічних сполук; входить до складу зовнішнього (черепашки форамініфер, молюсків, кутикула десятиногих раків тощо) та внутрішнього (хребетні тварини) скелетів; вуглекислий газ (CO_2) фіксують організми в процесі фотосинтезу
Гідроген (H)	8–10	Входить до складу молекул води, інших неорганічних та органічних сполук
Нітроген (N)	1,5–3,0	Складова амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ та деяких інших біомолекул; сполуки Нітрогену потрібні для росту рослин
Фосфор (P)	0,2–1,0	Входить до складу білків, нуклеїнових кислот, АТФ, деяких інших біомолекул; солі ортофосфатної кислоти – компонент скелетів різних тварин
Калій (K)	0,15–0,4	Один з основних позитивно заряджених йонів живих організмів; бере участь у забезпеченні транспорту сполук через клітинні мембрани, регуляції роботи серця ссавців, створенні електричного потенціалу на мембранах клітин
Сульфур (S)	0,15–0,2	Входить до складу білків (зокрема, кератину) і деяких інших біологічно значущих органічних речовин
Хлор (Cl)	0,05–0,1	Основний негативно заряджений йон живих організмів; входить до складу хлоридної кислоти – складової шлункового соку людини і багатьох тварин, плазми крові
Кальцій (Ca)	0,04–2,0	Входить до складу зубів, кісток і черепашок, в йонній формі бере участь у регуляції обміну речовин, скорочень скелетних м'язів, діяльності серця; необхідний для забезпечення зсідання крові у людини та інших ссавців
Магній (Mg)	0,02–0,03	Як небілкова частина входить до складу багатьох ферментів, молекули хлорофілу

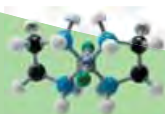


Елемент і його символ	Вміст від маси клітини, %	Біологічне значення
Натрій (Na)	0,02–0,03	Один з провідних позаклітинних позитивно заряджених йонів; бере участь у забезпеченні транспорту сполук через клітинні мембрани; входить до складу плазми крові
Ферум (Fe)	0,01–0,015	Входить до складу деяких біомолекул: (дихального пігменту – гемоглобіну, білка м'язів – міоглобіну, складних ферментів тощо
Цинк (Zn)	0,0003	Компонент деяких ферментів і гормонів
Купрум (Cu)	0,0002	Входить до складу деяких ферментів, дихального пігменту деяких безхребетних тварин – гемоціаніну
Йод (I)	0,0001	Входить до складу гормонів щитоподібної залози
Флуор (F)	0,0001	Входить до складу емалі зубів

Важко переоцінити роль органогенних елементів у забезпеченні нормального функціонування організмів. Так, з атомів **Гідрогену** й **Оксигену** складаються молекули води. Докладніше біологічну роль води, її влас-



Мал. 4.1. Колообіг Нітрогену в природі: атмосферний азот (1) унаслідок низки хімічних реакцій (2, 3) перетворюється на нітрат-іони (4); рослини (5) вбирають їх за допомогою кореневої системи і синтезують молекули, які споживають тварини (6); рештки рослин (7) і тварин (8) розкладають бактерії (9), повертаючи сполуки Нітрогену у вигляді натрат-іонів у ґрунт (4)



тивості та функції у біологічних системах ми розглянемо згодом. Варто пригадати роль кисню (O_2) у процесі дихання організмів. Надходячи в організм живої істоти під час дихання, він забезпечує окиснення різних органічних сполук. Унаслідок цих процесів вивільняється енергія, що забезпечує різноманітні процеси життєдіяльності. Лише деякі організми, переважно бактерії та паразитичні тварини, можуть існувати за відсутності кисню; їх називають *анаеробними*.

Атоми **Нітрогену** входять до складу мінеральних сполук, які споживають з ґрунту рослини. Сполуки Нітрогену сприяють росту рослин, підвищенню їхньої зимостійкості. Азот (N_2) переважає серед інших атмосферних газів (близько 79 %). І хоча для більшості живих істот цей газ інертний, його можуть засвоювати з атмосфери деякі організми (наприклад, азотфіксуючі бактерії, ціанобактерії). Завдяки цьому сполуки Нітрогену надходять у ґрунт, зберігаючи та підвищуючи його родючість (мал. 4.1).

Оскільки Нітроген входить до складу білків та інших органічних речовин, його сполуки необхідні для нормального росту організмів. А ще пригадайте, що Нітроген входить до складу *хітину* – складової клітинної стінки грибів і зовнішнього скелета членистоногих (мал. 4.2), яка надає їм додаткової міцності.

Карбон у складі CO_2 забезпечує повітряне живлення рослин і деяких інших організмів, здатних до фотосинтезу (пурпурні та зелені сіркобактерії, ціанобактерії, деякі одноклітинні тварини). Ці *автотрофні організми* фіксують CO_2 й використовують Карбон для синтезу власних органічних речовин. А далі по ланцюгах живлення створені ними органічні сполуки передаються *гетеротрофним організмам*, наприклад тваринам.

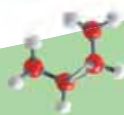
Сполуки **Кальцію** входять до складу черепашок моллюсків, деяких одноклітинних тварин (форамініфер), панцирів раків, кісток і зубів хребтних тварин тощо. Важливе значення має достатнє надходження сполук Кальцію до організму дітей і вагітних жінок. Нестача сполук Кальцію в дітей може спричинити викривлення кісток – рахіт. Посилені витрати сполук Кальцію в організмі вагітних жінок пов'язані з тим, що в цей час формується скелет зародка. Сполуки Кальцію містять курячі яйця, молочні продукти, зокрема м'який сир тощо.

Сполуки **Калію** необхідні для нормальної діяльності нервової та серцево-судинної систем, мускулатури. Важлива роль сполук Калію і Кальцію в регуляції роботи серця: підвищена концентрація йонів Ca^{2+} прискорює роботу серця, а йонів K^+ – уповільнює. Ці особливості впливу йонів K^+ використовують для створення ліків, що нормалізують роботу серця. Багато сполук Калію міститься в картоплі, фруктах (абрикосах, сливах тощо).

Сполуки Калію та **Купруму** підвищують холодостійкість рослин і тим самим забезпечують краще переживання зимового періоду.



Мал. 4.2. Нітроген входить до складу хітину, що є складовою клітинних стінок грибів (1) та зовнішнього скелета членистоногих (2)





► Мал. 4.3. Роль Феруму в житті організмів: 1 – еритроцити, до складу яких входить дихальний пігмент гемоглобін; 2 – молекула гемоглобіну, до складу якої входить атом Феруму; 3 – нестача Феруму в ґрунті спричиняє хлороз рослин

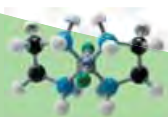
Ви вже знаєте, що атом **Феруму** входить до складу дихального пігменту – гемоглобіну (мал. 4.3, 2). Гемоглобін здатний зв'язувати гази (*пригадайте, які!*) та транспортувати їх по організму. Тому за умови нестачі в організмі Феруму чи при порушенні засвоєння цього хімічного елемента можуть порушуватися процеси утворення еритроцитів, виникає захворювання – *недокрів'я*, або анемія. Сполуки Феруму, необхідні для кровотворення, містяться в яблуках та інших продуктах рослинного походження (абрикосах, зелені петрушки тощо), а також печінці та яйцях.

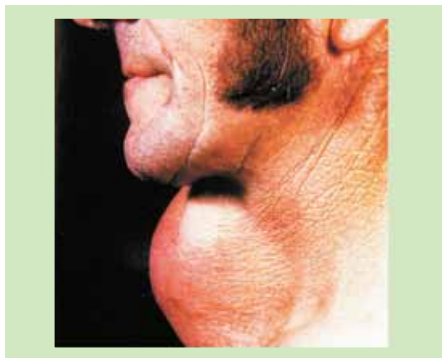
Сполуки Феруму та **Магнію** необхідні рослинам для того, щоб в їхніх клітинах утворювався пігмент хлорофіл. Атом Магнію входить до складу молекули хлорофілу, а для синтезу хлорофілу необхідна наявність Феруму. За нестачі або відсутності цих хімічних елементів листки рослин стають блідо-зеленими чи взагалі втрачають зелений колір. Унаслідок цього процеси фотосинтезу порушуються або припиняються, і рослина зрештою гине. Таке захворювання має назву *хлороз* (мал. 4.3, 2).

Фосфор сприяє роботі головного мозку, бере участь у формуванні скелета тощо. Сполуки Фосфору в значних кількостях потрібні й рослинам. Зокрема, вони сприяють швидшому дозріванню плодів і забезпечують зимостійкість рослин. Сполуки Фосфору надходять до нашого організму з молоком і молочними продуктами, рибою, яйцями та ін.

Понад 60 хімічних елементів належать до групи **мікроелементів** (Йод, Кобальт, Манган, Купрум, Молібден, Цинк тощо), адже їхній вміст становить 10^{-12} – 10^{-3} % маси живих істот. Серед них виділяють групу *ультра-мікроелементів* (Плюмбум, Бром, Аргентум, Аурум та ін.), відсотковий вміст яких ще нижчий. Мікроелементи, що містяться в клітині, входять до складу органічних і неорганічних сполук або перебувають у вигляді йонів.

Хоча вміст мікроелементів в організмах незначний, їхня роль у забезпеченні нормального функціонування організмів може бути важливою. Пригадайте, **Йод** необхідний для того, щоб щитоподібна залоза виробляла гормони (тироксин, трийодтиронін). Недостатнє надходження Йоду в організм людини з їжею чи водою може спричинити порушення синтезу цих гормонів. Як ви пригадуєте з курсів *Основи здоров'я* та *Біологія 9-го класу*, це може призвести до важких захворювань людини, пов'язаних з





Мал. 4.4. Ендемічний зоб – наслідок нестачі Йоду у воді та їжі



Мал. 4.5. Нестача Флуору спричиняє карієс – руйнування емалі зубів

порушенням обміну речовин, як-от **мікседеми**, **кретинізму**. У людей, що мешкають у місцевостях, де вода та ґрунт містять мало Йоду, часто розвивається захворювання **ендемічний зоб** (ендемічний у перекладі з грецької – місцевий, притаманний даній місцевості), коли розростаються тканини щитоподібної залози (мал. 4.4). При цьому виробляється менше від норми гормону тироксину. Для профілактики йододефіциту в таких місцевостях йодують сіль: до кухонної солі додають калій йодид. Багато сполук Йоду містять бурі водорості, наприклад ламінарія, або морська капуста.

Ви вже знаєте, що до складу емалі зубів входить **Флуор**, який надає їй міцності. Нестача цього елемента в організмі призводить до руйнування емалі зубів. Як ви пригадуєте, це захворювання називають **карієсом** (мал. 4.5). Тому, обираючи зубну пасту, звертайте увагу на вміст у ній Флуору і Кальцію, які зміцнюють зуби. Ці елементи є і в деяких продуктах харчування: молоці, сирах, шпинаті тощо. **Цинк** необхідний для утворення гормонів підшлункової залози, **Бром** – гормонів гіпофіза. (Пригадайте, які гормони виробляють ці залози.)

Кобальт і **Купрум** – необхідні для процесів кровотворення (пригадайте, до складу дихальний пігментів яких тварин входить Купрум). Кобальт входить до складу вітаміну B_{12} (ціанкобаламіну), нестача якого в організмі призводить до зловідного неокрів'я (анемії). Для людини основним джерелом надходження вітаміну B_{12} є продукти харчування тваринного походження – печінка великої рогатої худоби, нирки, м'ясо, сир, рибні продукти тощо.

Сполуки **Силіцію** входять до складу опорних структур деяких організмів: клітинних стінок хвощів, панцирів діатомових водоростей, внутрішньоклітинного скелета радіоларій, скелета деяких губок тощо. Разом з тим потрапляння сполук Силіцію в органи дихання може порушити їхнє функціонування. Так, унаслідок довготривалого вдихання виробничого пилу, що містить SiO_2 , виникає небезпечне захворювання легень – **силікоз**. Тому людям, робота яких пов'язана з промисловим пилом (наприклад, шахтарям), слід захищати дихальні шляхи за допомогою марлевих пов'язок або респіраторів.

Ключові терміни та поняття. Макроелементи, мікроелементи, органічні елементи.



Коротко
про
головне

- ▶ Хімічний склад живих організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, відносно сталий. У живих організмах трапляється майже 60 хімічних елементів. Одні з них обов'язкові для усіх організмів без винятку, інші – знайдені лише в представників окремих видів.
- ▶ Залежно від вмісту в організмах хімічні елементи поділяють на макро- (вміст понад 99,9 %) та мікроелементи (менше ніж 0,1 %).
- ▶ Гідроген, Карбон, Нітроген, Оксиген відносять до органогенних елементів, оскільки вони найчастіше трапляються у складі органічних сполук, а їхня сумарна частка становить майже 98 % хімічного вмісту живих істот.
- ▶ Понад 60 елементів належать до групи мікроелементів (Йод, Кобальт, Манган, Купрум, Молібден, Цинк тощо), їхній вміст у клітині становить від 10^{-12} % до 10^{-3} %.

Запитання для
самоконтролю

1. На які групи поділяють хімічні елементи залежно від їхнього відсоткового вмісту у складі живих істот? 2. Які хімічні елементи відносять до макроелементів? Наведіть приклади їхніх біологічних функцій. 3. Які і чому хімічні елементи називають органогенними? 4. Які елементи відносять до мікроелементів? Наведіть приклади, що ілюструють необхідність їхньої присутності у складі живих істот.

Поміркуйте. Про що може свідчити той факт, що в організмах живих істот не трапляються хімічні елементи, яких не знайдено в неживій природі?

§ 5. РОЛЬ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ



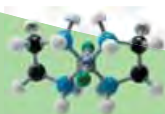
Пригадайте: які основні класи неорганічних сполук виявляють у живих організмах? Які їхні функції? Що таке радіонукліди, ізотопи?

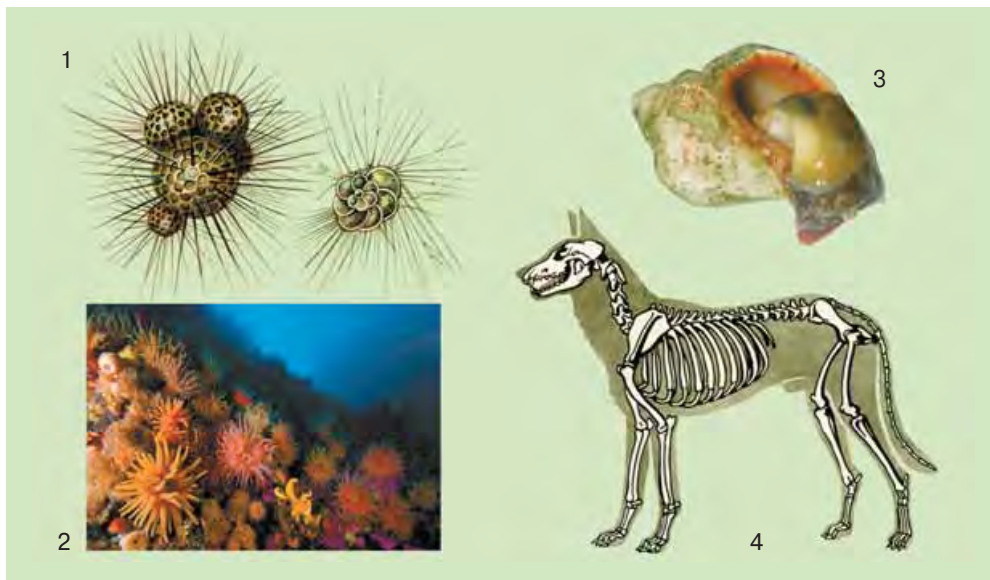
Вам уже відомо, що всі хімічні речовини поділяють на органічні та неорганічні. Загальний вміст неорганічних речовин (крім води) у різних клітинах варіює в межах від одного до декількох відсотків. Серед неорганічних речовин важливу роль у забезпеченні функціонування окремих клітин і цілих організмів відіграють вода, неорганічні кислоти, луги та солі.

• **Солі неорганічних кислот** усередині живих організмів розчинені у воді (у вигляді йонів) або перебувають у твердому стані (наприклад, солі Кальцію та Фосфору у складі скелета людини та більшості хребетних тварин) (мал. 5.1).

Йони утворені катіонами металічних елементів (Калію, Натрію, Кальцію, Магнію тощо) та аніонами неорганічних кислот (Cl^- , HSO_4^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} та ін.).

Різна концентрація йонів Na^+ і K^+ поза клітинами та всередині них приводить до виникнення різниці електричних потенціалів на мембранах, які оточують клітини. Це забезпечує транспорт речовин через мембрани, а також передачу нервових імпульсів. До складу багатьох ферментів входять йони Ca^{2+}





Мал. 5.1. Солі Кальцію входять до складу: 1 – черепашок форамініфер; 2 – колоній коралових поліпів; 3 – черепашок молюсків; 4 – внутрішнього скелета хребетних тварин

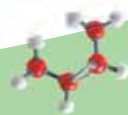
і Mg^{2+} , які забезпечують їхню активність. Присутність у плазмі крові йонів Ca^{2+} – необхідна умова зсідання крові. За нестачі солей Кальцію порушується робота серцевого та скелетних м'язів (зокрема, виникають судоми).

Сталий уміст натрій хлориду (0,9 %) у плазмі крові – необхідна складова підтримання гомеостазу нашого організму. Розчин натрій хлориду такої концентрації ще називають *фізіологічним*. Його використовують при ін'єкціях певних ліків або вводять за незначних крововтрат (пригадайте, з якою метою).

Щодооби до організму людини має надходити 12–15 г кухонної солі (NaCl). Всмоктування солей починається ще в шлунку, а завершується в кишечнику. Рецептори, розташовані у стінках кровоносних судин і тканинах, здатні визначати концентрацію солей. Імпульси від цих рецепторів надходять до гіпоталамуса, який, у свою чергу, регулює діяльність залоз внутрішньої секреції. Залежно від вмісту солей в організмі під впливом нейрогуморальної регуляції змінюється їхній вміст у сечі.

Через порушення обміну речовин солі можуть відкладатися у суглобах, що спричиняє важкі захворювання – *остеохондроз* та *подагру*, за яких спотворюються суглоби кінцівок, втрачається гнучкість хребта, розвиваються напади болю в нирках. Ці захворювання можуть призвести до зменшення рухомості та втрати працездатності. Щоб їх уникнути, необхідно вести активний спосіб життя, не зловживати м'ясними та жирними стравами, сіллю та іншими приправами, відмовитися від алкоголю.

У порожнинах органів або їхніх вивідних проток можуть формуватися щільні утворення – «камені». Найчастіше вони утворюються в нирках, жовчному міхурі, ниркових мисках і сечовому міхурі при відкладанні там кальцієвих солей органічних (сечова та щавлева) або неорганічних (карбонатної чи ортофосфатної) кислот. Унаслідок розвивається **сечокам'яна**



хвороба – камені, поступово збільшуючись, спочатку викликають болі в поперековій ділянці, а потім, просуваючись через сечовивідні шляхи, – напади дуже сильного болю. Інколи камені закупорюють сечоводи і тоді, аби врятувати життя хворого, застосовують хірургічне втручання.

Важливі функції виконують в організмі і **неорганічні кислоти**. Ми вже згадували, хлоридна кислота створює кисле середовище в шлунку хребетних тварин і людини, забезпечуючи активність ферментів шлункового соку. У людей, в шлунку яких хлоридної кислоти виробляється недостатня кількість, порушуються процеси перетравлення білків, можливе розмноження у шлунку великої кількості шкідливих бактерій тощо. Збільшення секреції хлоридної кислоти також небезпечно для організму людини, зокрема воно спричиняє печію.

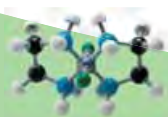
Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді сполук, забезпечують їхню розчинність. Це сприяє виведенню таких речовин у розчиненому стані з клітин і організму. Ортофосфатна кислота необхідна для синтезу АТФ (є універсальним накопичувачем енергії в клітині) та різних типів нуклеїнових кислот.

• **Кислотно-лужний баланс.** Внутрішнє середовище людини має певне співвідношення позитивних і негативних йонів – **кислотно-лужний баланс**. У разі його порушення можуть виникати важкі захворювання. Зокрема, при підвищенні вмісту позитивних йонів організм погано засвоює Кальцій, Натрій, Калій, а при зростанні вмісту негативних – повільніше засвоюється їжа, що негативно впливає на функції печінки і нирок, виникають алергічні стани, загострюються хронічні захворювання тощо.

• **Екологічні захворювання.** Не всі сполуки, які надходять в організми з водою та їжею, корисні для них. Наприклад, для організму людини небезпечно надходження солей важких металів (Плюмбуму, Хрому тощо) та радіонуклідів. Багато важких металів міститься у транспортних викидах. Тому обабіч великих автомобільних трас не слід збирати гриби, бо вони здатні накопичувати у своєму тілі ці речовини, а також радіонукліди. Ці сполуки можуть відіграти роль **канцерогенних**, тобто таких, що сприяють утворенню в організмі доброякісних та злоякісних пухлин, призводять до надмірного розмноження клітин крові: лейкоцитів (лейкози), рідше – еритроцитів (еритроцитози). Потрапивши в організм вагітної жінки, радіонукліди можуть зумовити вади розвитку зародка.

Для організму людини та тварин небезпечні радіоактивні ізотопи багатьох хімічних елементів: Йоду, Цезію, Стронцію, Урану та ін. Потрапляючи в організми, Стронцій-90 може відкладатись у кістках, заступаючи Кальцій. Унаслідок цього кістки стають ламкими. Ізотоп Йоду порушує функції щитоподібної залози. Значні концентрації радіонуклідів здатні накопичувати рослини. З рослинною їжею вони згодом потрапляють в організми тварин і людини.

Унаслідок аварії на ЧАЕС радіонуклідами забруднено понад 8,4 млн га земель, серед них 3,5 млн га орних. Якщо врахувати забрудненість ґрунтів України також важкими металами та отрутохімікатами (пестицидами), то нині в незадовільному стані перебуває близько 20 % території нашої країни. Найвищий рівень забрудненості ґрунтів важкими металами зафіксовано в



Донецькій і Закарпатській областях. Так, у Донецькій області це пов'язано з діяльністю промислових підприємств і гірничодобувних шахт, а в Закарпатській – неодноразовими аваріями на гірничодобувних підприємствах Румунії, внаслідок чого значна кількість важких металів потрапила у р. Тису і під час її розливу – на сільськогосподарські угіддя.

Слід зазначити, що навколо великих промислових підприємств радіус забруднення токсичними речовинами становить від 1 до 20 км і їхня концентрація може перевищувати гранично допустиму в 5–10 разів. Істотним чинником забруднення ґрунтів є викиди вихлопних газів транспортом. Уміст Пліумбуму в ґрунті навіть на відстані 50 км від траси може перевищувати допустимий у 3–4 рази.

Високий вміст нітратів в їжі та воді шкідливий для організму людини. Тому за вмістом нітратів, наприклад в овочах, має здійснюватися постійний контроль. Існують спеціальні норми вмісту нітратів та інших шкідливих сполук у продуктах харчування та воді. Згідно з ними визначені так звані **гранично допустимі концентрації (ГДК)**. Якщо вміст шкідливих речовин у воді чи продуктах харчування перевищує показники ГДК, то такі продукти і воду мають вилучати з продажу і вжитку.

Забруднення атмосфери спричиняють викиди шкідливих для здоров'я людини й інших організмів відходів промислових підприємств, вихлопних газів автомобільного транспорту (сполук Сульфуру, Нітрогену, чадного газу CO , важких металів тощо). Підприємства будівельної і вугільної промисловості (цементні та гіпсові заводи, відкриті вугільні кар'єри тощо) є джерелами забруднення атмосфери пилом.

Особливу небезпеку для довкілля становлять кислотні дощі, спричинені забрудненням атмосфери сірчистим газом SO_2 (промислові підприємства та автотранспорт викидають в атмосферу понад 160 млн тонн сірчастого газу щорік) та оксидами Нітрогену (N_2O , N_2O_3 і NO_2). При з'єднанні з водою атмосфери ці речовини утворюють сильні неорганічні кислоти. На великих територіях промислово розвинених країн зареєстровано опади, кислотність яких перевищує нормальну від 10 до 1000 разів. Від кислотних дощів руйнуються екосистеми прісних водойм, гинуть ліси (мал. 5.2), знижується врожайність ґрунтів.

Під керівництвом Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП) нині розроблено стратегічні принципи побудови **еколо-**



Мал. 5.2. Промислові об'єкти викидають в атмосферу сірчистий газ (1); наслідком цього є кислотні дощі, які знищують ліси (2)



гічно стабільного суспільства, які погоджено з урядами більшості країн світу. Однією з умов побудови такого суспільства є чітке обмеження (квотування) промислових викидів країнами світу. При цьому країни, які не повністю використовують свої квоти (це стосується, зокрема, України), можуть продавати невикористану частину квоти іншим. Отримані кошти використовують для впровадження методик, спрямованих на поліпшення стану довкілля.

Коротко про головне

► Загальний вміст неорганічних речовин (крім води) у клітинах різних типів варіює в межах від одного до декількох відсотків. Серед цих сполук важливу роль у забезпеченні нормального функціонування окремих клітин і цілісних організмів відіграють кислоти, луги та солі.



Запитання для самоконтролю

1. Які неорганічні сполуки входять до складу живих організмів?
2. Яка роль неорганічних сполук у забезпеченні функціонування організмів?
3. Як радіонукліди впливають на живі організми?

Поміркуйте. Під час Чорнобильської катастрофи 1986 року дітям і дорослим з постраждалих територій давали препарати, що містили сполуки Йоду. З якою метою це робили?

§ 6. ФУНКЦІЇ ВОДИ В ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ

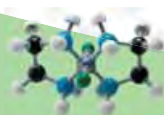


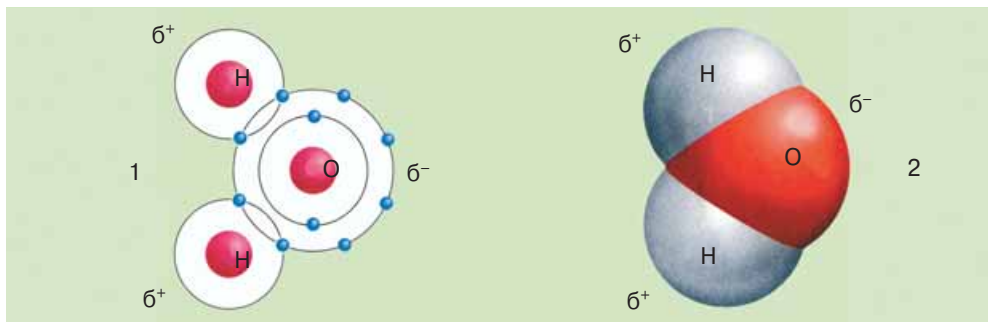
Пригадайте: яка будова молекули води? Як відбувається водно-сольовий обмін в організмі людини? Що таке адаптації, транспірація, ковалентний і водневий типи зв'язків між молекулами?

Серед усіх хімічних сполук виняткова роль у забезпеченні процесів життєдіяльності організмів належить воді. Саме у водному середовищі виникло життя на нашій планеті, тому без води неможлива життєдіяльність жодних організмів.

Вміст води в організмах становить 60–70 %, а в деяких випадках – до 98 %. Цитоплазма більшості клітин містить приблизно 80 % води. Кров і лімфа людини містять понад 80 % води. Отже, вода утворює **основу внутрішнього середовища організмів** (цитоплазми одноклітинних тварин, крові, лімфи, порожнинної рідини багатоклітинних організмів, соків рослин тощо). У водному середовищі відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Вода бере безпосередню участь у реакціях розщеплення органічних сполук.

• **Структура, властивості та функції води.** Воді притаманні унікальні хімічні й фізичні властивості. Погляньте на малюнок 6.1: **молекула води** (H_2O) складається з двох атомів Гідрогену, сполучених з атомом Оксигену ковалентними зв'язками. На полюсах молекули води розміщені позитивні і негативні заряди, тобто вона **полярна**. Завдяки цьому дві сусідні молекули зазвичай взаємно притягуються за рахунок сил електростатичної взаємодії між негативним зарядом атома Оксигену однієї молекули та позитивним зарядом атома Гідрогену іншої. При цьому виникає водневий





Мал. 6.1. Молекула води складається з атома Оксигену та двох атомів Гідрогену: 1 – електронна модель; 2 – масштабна модель

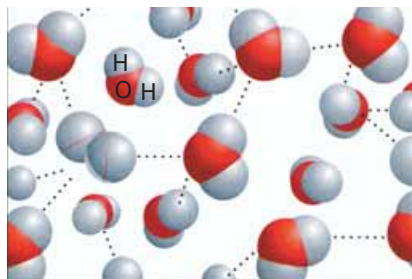
зв'язок (мал. 6.2), у 15–20 разів слабший за ковалентний. Коли вода перебуває в рідкому стані, її молекули безперервно рухаються і водневі зв'язки постійно то розриваються, то виникають знову.

Частина молекул води формує водну оболонку навколо деяких сполук (наприклад, білків). Таку воду називають **зв'язаною**, або **структурованою** (4–5 % загальної кількості води в організмах). Структурована вода, що формує водну оболонку навколо певних молекул, запобігає їхній взаємодії. Крім того, вода бере участь у підтриманні структури певних молекул, наприклад білків. Решта 95–96 % води має назву **вільної**: вона не пов'язана з іншими сполуками.

Залежно від температури середовища вода здатна змінювати агрегатний стан. За зниження температури вода з рідкого стану може переходити в твердий, а за підвищення – у газуватий.

Утворення кристаликів льоду в клітинах організмів руйнує клітинні структури. Це призводить до загибелі клітин і всього організму. Саме тому ссавців і людину неможливо заморозити, а потім – розморозити без втрати здатності відновлювати процеси життєдіяльності.

Під впливом розчинених у ній речовин вода може змінювати свої властивості, зокрема точки температур замерзання (плавлення) і кипіння, що має важливе біологічне значення. Наприклад, у клітинах рослин з настанням зими підвищується концентрація розчинів вуглеводів, членистоногих – гліцерину, риб – білків тощо. Це знижує температуру, за якої вода переходить у твердий стан, що запобігає промерзанню. Уявіть собі: серед комах відомі льодовичники (мал. 6.3), здатні зберігати активність на сніговому покриві (вони мешкають і в Україні).



Мал. 6.2. Утворення водневих зв'язків (....) між молекулами води



Мал. 6.3. Льодовичник



Молекулам води притаманна здатність до іонізації, коли вони розщеплюються на йони Гідрогену та гідроксилу. При цьому між молекулами води та йонами встановлюється динамічна рівновага:



Хоча іонізація хімічно чистої води дуже слабка (за температури +25 °C із 10^7 молекул тільки одна перебуває в іонізованому стані), вона відіграє важливу біологічну роль. Від концентрації йонів Гідрогену, яку оцінюють за **водневим показником (рН)** – значення негативного десяткового логарифма концентрації йонів H^+), залежать структурні особливості та активність макромолекул тощо. Нейтральній реакції розчину відповідає рН 7,0. Якщо його значення нижче – реакція розчину кисла, вище – лужна. У різних частинах організму і навіть однієї клітини можна спостерігати різні значення водневого показника. Це важливо для здійснення процесів обміну речовин, оскільки одні ферменти активні в лужному середовищі, інші – у кислому. Наприклад, в інфузорії-туфельки травні вакуолі періодично «подорожують» по клітині, опиняючись то в кислому, то в лужному середовищі. При цьому послідовно активні то одні травні ферменти, то інші, що сприяє кращому перетравленню поживних речовин. **Пригадайте:** у людини та ссавців ферменти шлункового соку активні в кислому середовищі, а підшлункового – у лужному.

Водні розчини, здатні протистояти зміні їхнього показника рН при додаванні певної кількості кислоти або лугу, називають **буферними системами**. Вони складаються зі слабкої кислоти (донора H^+) і основи (акцептора H^+), здатних відповідно зв'язувати йони гідроксилу (OH^-) та Гідрогену (H^+), завдяки чому рН усередині клітини майже не змінюється.

Вода визначає фізичні властивості клітин – об'єм і внутрішньоклітинний тиск (*тургор*). Порівняно з іншими рідинами в неї відносно високі температури кипіння та плавлення, що зумовлено водневими зв'язками між молекулами води.

Вода – значно кращий розчинник, ніж більшість інших відомих рідин. Тому всі речовини поділяють на такі, що добре розчиняються у воді (**гідрофільні**) та нерозчинні (**гідрофобні**).

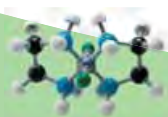
До гідрофільних сполук належить багато кристалічних солей, наприклад кухонна сіль (NaCl), глюкоза, фруктоза, тростинний цукор тощо. Гідрофільні сполуки містять полярні (частково заряджені) групи, здатні взаємодіяти з молекулами води або іонізуватися (утворювати заряджені йони з нейтральних частин своєї молекули). Це, наприклад, амінокислоти, які містять карбоксильні ($-\text{COOH}$) та амінні ($-\text{NH}_2$) групи.

Гідрофобні речовини (майже всі ліпіди, деякі білки) містять неполярні групи, які не взаємодіють з молекулами води. Вони розчиняються переважно в неполярних органічних розчинниках (хлороформ, бензол).

Існують й **амфіфільні речовини**, наприклад фосфоліпіди (сполуки ліпідів із залишками ортофосфатної кислоти), ліпопротеїди (сполуки ліпідів з білками), багато білків. Одна частина молекули цих сполук виявляє гідрофільні властивості, інша – гідрофобні.

Коли певна сполука переходить у розчин, її молекули набувають здатності до руху і їхня реакційна здатність зростає. Саме тому більша частина біохімічних реакцій відбувається у водних розчинах.

Вода як універсальний розчинник відіграє важливу роль в обміні речовин. Проникнення речовин у клітину та виведення з неї продуктів життєдіяльності можливе здебільшого лише в розчиненому стані.



Вода як універсальний розчинник відіграє надзвичайно важливу роль у транспорті різних сполук у живих організмах. Розчини органічних і неорганічних речовин рослини транспортують по провідних тканинах або міжклітинниках. У тварин таку функцію виконують кров, лімфа, тканинна рідина тощо.

Вода бере участь у складних біохімічних перетвореннях. Наприклад, за участі води відбуваються реакції **гідролізу** – розщеплення органічних сполук з приєднанням до місць розривів йонів H^+ та OH^- .

З водою пов'язана здатність організмів регулювати свій тепловий режим. Їй властива висока теплоємність, яка зумовлює здатність поглинати тепло за незначних змін власної температури. **Теплоємність** – кількість тепла, необхідного для нагрівання тіла або середовища на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому вода запобігає різким змінам температури в клітинах та організмі в цілому за різких її коливань у навколишньому середовищі. Оскільки на випаровування води витрачається багато теплоти, організми в такий спосіб захищають себе від перегрівання (наприклад, транспірація у рослин, потовиділення у ссавців, випаровування вологи зі слизових оболонок тварин).

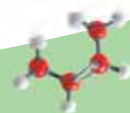
Завдяки високій теплопровідності **вода забезпечує рівномірний розподіл теплоти між тканинами та органами організму.** Наприклад, завдяки циркуляції рідин внутрішнього середовища у тварин або руху розчинів по тілу рослини.

Водні розчини певних сполук слугують мастилом, яке захищає поверхні, що постійно зазнають тертя. Наприклад, рідина, яка заповнює порожнину суглобів, полегшує ковзання суглобових поверхонь, зменшуючи тертя між ними. Вона також живить хрящ, що вкриває суглобові поверхні кісток.

Кожному виду організмів притаманний **водний баланс** – певне співвідношення між надходженням води та її витрачанням. Якщо витрати води перевищують її надходження до організму, спостерігають **водний дефіцит**, що негативно впливає на різні процеси життєдіяльності (у рослин – фотосинтезу, транспірації, у рослин і тварин – терморегуляції, перебігу біохімічних процесів тощо). Тому підтримання водного балансу – одна з умов нормального функціонування будь-якого організму.

• **Водний баланс людини.** Вміст води в організмі людини становить близько 65 %. Тобто, якщо маса людини становить 60 кг, то з них 39 кг припадає на воду. Слід зазначити, що вміст води залежить і від віку: у новонароджених він становить близько 75–80 %, у період завершення росту – 65–70 %, а в людей похилого віку – лише 55–60 %. Між різними органами і тканинами людини вода розподілена нерівномірно: найбільше її в крові та нирках – 82–83 %, головному мозку – до 80 %, печінці – 75 %, м'язах – 70–76 %, натомість у жировій тканині – близько 30 %, кістках – близько 20 %.

Оскільки організм людини щоденно витрачає приблизно 2–2,5 л води (вона виводиться з неперетравленими рештками їжі, сечею, потом, випаровується з поверхні слизових оболонок ротової порожнини та дихальних шляхів), то така сама її кількість має постійно надходити туди. Шляхи надходження води до організму різні. Крім того, близько 1 л води по-



трапляє з продуктами харчування, ще майже 300 мл води утворюється внаслідок окиснення жирів, білків і вуглеводів (так звана метаболічна вода).

Кількість спожитої за добу води залежить від умов, у яких перебуває людина. Так, у спекотну погоду або під час здійснення важкої фізичної праці витрати води зростають через посилене потовиділення та значне випаровування через слизові оболонки. Зневоднення організму (*дегідратація*) можливе і внаслідок порушень роботи кишечника (сильні проноси), значних крововтрат тощо. За таких умов споживання води має збільшитися до 4–7 л на добу. Унаслідок зневоднення уповільнюються процеси травлення та всмоктування поживних речовин, порушуються процеси терморегуляції; гусне кров, порушується її транспортна функція, у судинах можуть виникати згустки (тромби). Втрата понад 20 % води – смертельно небезпечна для людини.

Людина, яка виконує важку фізичну працю за умов підвищеної температури (наприклад, у доменному цеху), втрачає за годину лише внаслідок посиленого потовиділення до 1,6 л води! Тож добова потреба у воді в неї може зростати до 20 л за добу.

Першим сигналом недостатнього вмісту води в організмі є відчуття спраги, яке виникає при збудженні відповідного центру в гіпоталамусі (структура проміжного мозку). Його рецептори збуджуються як унаслідок зростання концентрації солей в рідині організму, так і в разі підвищення концентрації йонів Натрію. Ці подразники сприймають різні групи рецепторів. Відчуття спраги виникає, якщо організм людини втрачає близько 1 % вологи свого тіла, і зникає після споживання певної кількості води, в середньому 0,25–0,5 л.

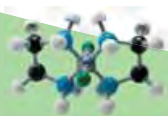
Отже, основні свої потреби у воді людина задовольняє за рахунок питної води. Тому розглянемо вимоги до її якості.

• **Питна вода та вимоги до її якості.** В Україні вимоги до якості питної води визначені Державним стандартом. Згідно з ним питна вода має бути епідеміологічно безпечною та нешкідливою за хімічним складом. Безпеку води в епідеміологічному відношенні визначають як загальною кількістю мікроорганізмів (не більше 100 в 1 см³ води), так і за кількістю клітин кишкової палички (не більше 3 в 1 дм³ води). Питна вода не повинна містити водні організми, помітні неозброєним оком, та плівку на поверхні.

Основними забруднювачами водних об'єктів у нашій країні є промисловість (понад 55 % від загального скиду) та житлово-комунальне господарство (понад 40 %). Небезпечне забруднення водойм радіонуклідами. Стічні води з високою радіоактивністю (100 і більше Кюрі¹ на 1 л води) мають бути поховані в підземних безстічних басейнах або резервуарах.

Вам уже відомо, що в річках, озерах та інших водоймах відбуваються природні процеси самоочищення. У них беруть участь різноманітні організми: бактерії, водорості, одноклітинні тварини, губки, двостулкові мо-

¹Кюрі (Ки) відповідає активності елемента Радону, який перебуває в стані радіоактивної рівноваги з 1 г радію-226. 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Беккерелів (Бк). 1 Бк дорівнює швидкості розпаду, коли за секунду розпадається ядро радіоактивного ізотопу.





люски тощо. Але ці процеси тривають досить повільно, тому за інтенсивного забруднення неочищеними побутовими та промисловими стоками водні екосистеми нездатні самостійно очиститися.

Методи очищення стічних вод поділяють на механічні, фізико-хімічні та біологічні (мал. 6.4). *Механічні методи* полягають в очищенні стічних вод від завислих у них частинок відстоюванням і фільтрацією. Ці методи дають змогу видаляти з побутових стічних вод до 2/3 нерозчинних домішок, а з промислових – до 9/10.

За допомогою різноманітних *фізико-хімічних методів* зі стічної води видаляють розчинні неорганічні та органічні домішки, а також завислі в ній найдрібніші часточки.

Завершальним етапом очищення стічних вод є застосування *біологічних методів* з використанням штучно створених ланцюгів живлення, до яких входять певні види бактерій, одноклітинних і багатоклітинних тварин.

Сира вода з природних водойм, а також недостатньо очищена питна вода може стати джерелом збудників різноманітних захворювань: дизентерії, холери, черевного тифу (сальмонельозу), глистних захворювань тощо. Тому перед споживанням воду з колодязів, струмків, бюветів слід добре прокип'ятити, а водопровідну – профільтрувати через спеціальні очисні побутові фільтри.

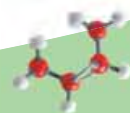
Для обмеження витрат і збереження якості прісної води потрібні такі заходи:

- зменшення витрат води для забезпечення роботи промисловості, транспорту та об'єктів сільського господарства;
- зменшення витрат прісної води для побутових потреб¹;



Мал. 6.4. Приклад сучасної очисної споруди: 1 – розподільчий колодязь; 2 – відокремлювач твердих часток; 3 – відокремлювач жировмісних речовин; 4 – сорбційний фільтр; 5 – контрольний колодязь

¹Якщо у великих містах Європи кожен мешканець протягом року використовує від 100 до 200 л, то в нашій країні цей показник перевищує 300 л.



- охорона малих річок, які відіграють важливу роль у загальному водному балансі планети, зокрема живлять великі річки, від них залежить рівень підземних вод;
- створення умов для самоочищення водойм;
- проведення лісоохоронних заходів, оскільки внаслідок знищення лісів часто міліють річки та інші водойми;
- упровадження ефективних методів очищення стічних вод, здійснення постійного контролю за санітарним станом водойм і якістю питної води;
- створення замкнених систем водопостачання промислових, аграрних та енергетичних об'єктів.
- постійний контроль за станом джерел питної води.

Ключові терміни та поняття. *Гідрофільні, гідрофобні та амфіфільні сполуки, гідроліз, водний баланс.*

**Коротко
про
головне**

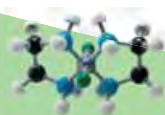
- ▶ Уміст води в організмах становить 60–70 %.
- ▶ Вода утворює основу внутрішнього середовища живих організмів, у якому відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Вода бере безпосередню участь у реакціях розщеплення органічних сполук.
- ▶ Водний баланс – це певне співвідношення між надходженням і витратанням води живою системою.
- ▶ Вода визначає фізичні властивості клітин – їхній об'єм і внутрішньоклітинний тиск (тургор).
- ▶ Вода – універсальний розчинник. Речовини, здатні добре розчинятися у воді, називають гідрофільними (полярними), нерозчинні – гідрофобними (неполярними).
- ▶ Вода відіграє надзвичайно важливу роль у транспорті різних сполук у живих організмах. Вона бере участь у складних біохімічних реакціях і процесах терморегуляції організмів.
- ▶ Основні свої потреби людина задовольняє за рахунок питної води певних стандартів якості. Перед споживанням вода має бути очищена. Методи очищення стічних вод поділяють на механічні, фізико-хімічні та біологічні.



**Запитання для
самоконтролю**

1. Чому воду вважають універсальним розчинником? 2. Які властивості води як основи внутрішнього середовища живих організмів? 3. Яка роль води в процесах терморегуляції організмів? 4. Що таке водний баланс? 5. Що таке гідрофільні та гідрофобні сполуки? 6. Які вимоги висувають до питної води? 7. Які заходи потрібно вживати для збереження джерел питної води та поліпшення її якості?

Поміркуйте. 1. Чому вчені вважають, що життя на нашій планеті виникло саме у водному середовищі? 2. Які процеси забезпечують самоочищення природних водойм?





ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ У ВЛАСНОМУ ОРГАНІЗМІ

(виконують учні академічного рівня навчання)

Мета: дослідити залежність вмісту води в організмі людини від вікових змін.**Обладнання:** терези, таблиці «Вікові зміни вмісту води в організмі людини».**Хід роботи**

1. За допомогою підлогових терезів виміряйте власну масу тіла.
2. Використовуючи таблицю «Вікові зміни вмісту води в організмі людини», визначте вміст води у власному організмі, враховуючи, що в організмі підлітків у середньому міститься 70 % води від маси тіла.
3. Подібним чином визначте вміст води в організмах ваших батьків, дідусів і бабусь.
4. Зробіть висновки.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. Укажіть атом, який входить до складу молекули гемоглобіну: а) Купрум; б) Кальцій; в) Калій; г) Ферум.
2. Укажіть елемент, який входить до складу гормонів щитоподібної залози: а) Купрум; б) Бор; в) Йод; г) Флуор.
3. Укажіть елемент, який входить до складу молекули хлорофілу: а) Купрум; б) Бор; в) Йод; г) Магній.
4. Укажіть, як називають розчинні у воді сполуки: а) гідрофобними; б) гідрофільними; в) амфільними; г) органічними.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. Укажіть хімічні елементи, які належать до органогенних: а) Флуор; б) Ферум; в) Нітроген; г) Гідроген.
2. Укажіть хімічні елементи, які належать до макроелементів: а) Фосфор; б) Бор; в) Кобальт; г) Сульфур.
3. Укажіть хімічні елементи, які належать до мікроелементів: а) Кальцій; б) Ферум; в) Флуор; г) Цинк.
4. Укажіть йони, що забезпечують регуляцію роботи серця: а) Натрію; б) Калію; в) Феруму; г) Кальцію.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. Установіть відповідність між нестачею зазначеного хімічного елемента в організмі людини та наслідками цього:

Хімічний елемент	Наслідки нестачі хімічного елемента
1 Калій (K)	А Ендемічний зоб
2 Кальцій (Ca)	Б Порушення утворення гормонів підшлункової залози
3 Йод (I)	В Крихкість кісток скелета
4 Флуор (F)	Г Порушення регуляції роботи серця
	Д Руйнування емалі зубів



2. Установіть відповідність між властивостями води та її функціями в живих організмах:

Властивості води	Функції в живих організмах
1 Полярність молекули	А Створення певного pH середовища
2 Здатність до оборотної іонізації	Б Універсальний розчинник
3 Висока теплоємність	В Охолодження організму в спекотну погоду
4 Здатність змінювати агрегатний стан	Г Джерело енергії
	Д Запобігання різким змінам температури організму

IV. ЗАПИТАННЯ ПІДВИЩЕНОЇ СКЛАДНОСТІ

1. Які особливості будови молекул води забезпечують її властивості?
2. Як фізико-хімічні властивості води відіграють важливу роль у забезпеченні процесів життєдіяльності окремих клітин і всього організму?

ТЕМА 2. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

- будова, властивості та функції основних груп органічних сполук: ліпідів, вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот;
- роль органічних сполук у забезпеченні життєдіяльності людини;
- зв'язок між будовою молекул органічних речовин та їхніми функціями;
- застосування ферментів у господарстві людини.

§7. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ЖИВИХ ІСТОТ. ЛІПІДИ

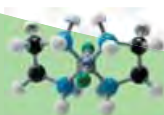


Пригадайте: які елементи називають органогенними, а сполуки – органічними, гідрофільними та гідрофобними? Який зв'язок називають ковалентним? Які функції жирів у живих організмах? Які функції в організмі людини виконують гормони кори надниркових залоз і статеві гормони? Які функції жовчі?

Ви вже знаєте з курсу хімії, що всі хімічні сполуки поділяють на неорганічні та органічні (*пригадайте, чим вони відрізняються*).

Органічні речовини – це сполуки Карбону з іншими елементами, що виникли в живих істотах або є продуктами їхньої життєдіяльності. Органічні сполуки присутні в атмосфері, поверхневих і підземних водах, осадах, ґрунтах і гірських породах. У складі органічних сполук переважають органогенні хімічні елементи (Гідроген, Оксиген, Нітроген і Карбон). Ковалентно зв'язані атоми Карбону утворюють ланцюжки або ряди кілець (так званий скелет молекули).

До складу клітин входять різні органічні сполуки: ліпіди, вуглеводи, білки, нуклеїнові кислоти тощо. Їхні молекули можуть мати високу молекулярну масу. Зокрема, молекулярна маса більшості білків становить від 6000 до 1 000 000, деяких нуклеїнових кислот – сягає кількох мільярдів дальтонів (**1 дальтон відповідає 1/12 атомної маси ізотопу карбону ^{12}C** ,



тобто $1,67 \cdot 10^{-24}$ г). Високомолекулярні органічні сполуки можуть складатися з великої кількості однакових чи різних за хімічною будовою ланок (простих молекул – **мономерів**). Такі сполуки називають **біополімерами**, або **макроталакулами**. Наприклад, молекули білків складаються із залишків амінокислот, нуклеїнових кислот – з нуклеотидів, а складних вуглеводів (полісахаридів) – з моносахаридів (див. таблицю 7.1).

Таблиця 7.1

**Основні типи органічних сполук,
що входять до складу організмів**

Органічні сполуки	Складові компоненти	Функції
Ліпіди: жири воски стероїди	Залишки триатомного спирту гліцерину і жирних кислот Залишки одноатомних спиртів і жирних кислот Поліциклічні гідрофобні спирти	Структурна, енергетична, захисна, регуляторна
Біополімери: полісахариди білки нуклеїнові кислоти	Моносахариди Амінокислоти Нуклеотиди	Опорна, енергетична Структурна, енергетична, захисна, каталізує (ферментативна), сигнальна, рухова, регуляторна, транспортна Кодування та зберігання спадкової інформації, участь у біосинтезі білка

Біологічно активні речовини (органічні речовини – ферменти, гормони, вітаміни, деякі отрути тощо) впливають на процеси обміну речовин і перетворення енергії загалом або на окремі їхні ланки. Багато з них здійснюють гуморальну регуляцію процесів життєдіяльності різноманітних істот.

Отже, запам'ятайте: органічними сполуками називають речовини, утворені атомами Карбону, між якими встановлюються міцні ковалентні зв'язки. Уміст органічних сполук у клітинах становить в середньому 20–30 %. Огляд основних класів органічних сполук почнемо з ліпідів.

Ліпіди – переважно гідрофобні органічні сполуки, які розчиняються в неполярних речовинах (естері, хлороформі, ацетоні та ін.). Молекулярна маса ліпідів зазвичай становить 50–1500. Більшість ліпідів – похідні вищих жирних кислот, спиртів або альдегідів.

• **Різнорманітність ліпідів.** Серед ліпідів розрізняють прості та складні. До **простих ліпідів** належать речовини, які побудовані зі сполучених між собою залишків жирних кислот (або альдегідів) і спиртів, наприклад жири та воски.

Складні ліпіди – сполуки, утворені внаслідок взаємодії молекул простих ліпідів з іншими речовинами. До них належать **ліпопротеїди** (сполуки ліпідів і білків), **гліколіпіди** (ліпідів і вуглеводів), **фосфоліпіди** (ліпідів і ортофосфатної кислоти).

Жири – складні естери, утворені триатомним спиртом гліцерином і трьома залишками жирних кислот. Вони відкладаються у вигляді жирових





Мал. 7.1. Воски вкривають поверхню плодів і входять до складу кутикули листків (1); з восків медоносна бджола будує стільники (2)

включень у рослинних і тваринних клітинах. Підвищений вміст жирів (до 90 %) характерний для клітин нирок, підшкірної клітковини, жовтого тіла членистоногих. У деяких рослин (соняшника, волоського горіха, маслин тощо) жирів багато в насінні та плодах.

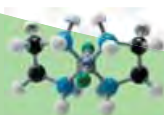
Воски виконують здебільшого захисну функцію. У ссавців віск виділяють лосеві залози шкіри: вони надають шкірі еластичності і зменшують зношення волоссяного покриву. У птахів віск секретує куприкова залоза, розташована над основою хвоста. Її секрет надає пір'яному покриву водовідштовхувальних властивостей (пригадайте: ця залоза добре розвинена саме у водоплавних птахів). Восковий шар вкриває листки наземних рослин і поверхню зовнішнього скелета членистоногих – мешканців суходолу, запобігаючи надлишковому випаровуванню води з поверхні тіла. Добре розвинені восковиδήльні залози, розташовані в черевці медоносних бджіл-робітниць. Як ви пам'ятаєте, з воску бджоли будують стільники (мал. 7.1). Віск широко використовують у медицині, промисловості та інших сферах діяльності людини.

Ще одна важлива група ліпідів – гідрофобні спирти **стероїди**. Карбоновий ланцюжок стероїдів утворює декілька кілець, тому вони належать до так званих циклічних органічних сполук. Стероїдну природу, зокрема, мають статеві гормони людини – естрогени (жіночі) та андрогени (чоловічі), а також гормони надниркових залоз (кортикостероїди) (мал. 7.2, 1).

Один з найвідоміших стероїдів – **холестерин**. В організмі ссавців і людини він слугує попередником під час синтезу статевих гормонів. У плазмі крові холестерин перебуває у вигляді складних естерів з жирними кислотами, які він транспортує. Холестерин синтезують клітини печінки;



Мал. 7.2. Стероїди. 1 – статеві гормони: жіночий – естроген (а) та чоловічий – тестостерон (б) – впливають на формування вторинних статевих ознак (зверніть увагу на яскравий хвіст самця); 2 – холестерин



він входить до складу жовчі (мал. 7.2, 2). Разом з тим ця сполука потрапляє в організм і з жирною їжею. Надлишок холестерину внаслідок неправильного харчування або підвищеної функції печінки порушує нормальне функціонування організму людини.

• **Функції ліпідів.** Одна з найважливіших функцій ліпідів – **енергетична**. У разі повного розщеплення 1 г жирів виділяється 38,9 кДж енергії – удвічі більше, ніж за повного розщеплення аналогічної кількості вуглеводів або білків.

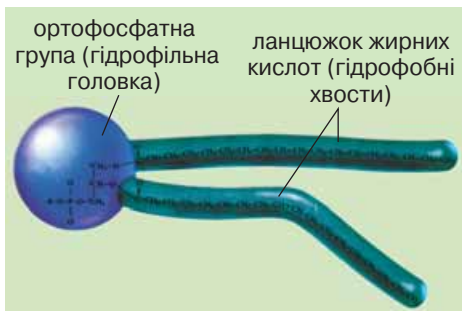
Не менш важлива **будівельна**, або **структурна**, функція. Так, фосfolіпіди є важливою складовою клітинних мембран (мал. 7.3, 7.4), жири входять до складу захисної мієлінової оболонки нервових волокон тощо.

Резервна функція полягає в тому, що ліпіди містяться в цитоплазмі клітин у вигляді включень (наприклад, клітини жирової тканини, насіння соняшника тощо). Запаси жирів організми використовують як резервні поживні речовини та як джерело метаболічної води: при окисненні 1 г жирів утворюється майже 1,1 г води. Жирові включення підвищують плавучість дрібних одноклітинних організмів (наприклад, радіолярій, що мешкають у товщі води).

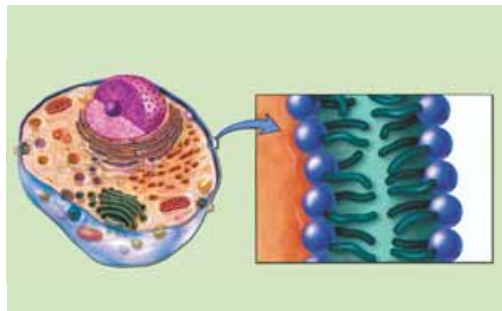
Завдяки запасам жиру деякі тварини протягом певного часу можуть існувати без надходження води ззовні. Наприклад, верблюди в пустелі витримують без води до 16 діб; ведмеді, бабаки та інші тварини під час сплячки не споживають води понад два місяці.

Запаси жиру в організмі можуть виконувати й **захисну функцію**. Зокрема, вони захищають внутрішні органи від механічних ушкоджень. Наприклад, нирки людини і ссавців укриті пружним жировим шаром. Накопичуючись у підшкірній жировій клітковині тварин – мешканців територій з прохолодним кліматом (китів, тюленів, пінгвінів та ін.), жири захищають організм від дії різких змін температури (**теплоізоляційна функція**). Так, у синього кита шар жиру в підшкірній клітковині може перевищувати 50 см. Ця функція жирів визначається їхньою низькою теплопровідністю. Раніше ми згадували про захисні властивості восків, пов'язані з їхньою гідрофобністю.

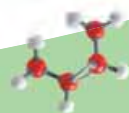
Важлива і **регуляторна функція** ліпідів. Ви пам'ятаєте, що ліпідну природу мають деякі біологічно активні речовини: стероїдні гормони, вітаміни групи D. Вони беруть участь у регуляції життєвих функцій



Мал. 7.3. Будова фосfolіпідів



Мал. 7.4. Розташування фосfolіпідів у складі клітинної мембрани



організмів: обміну речовин у хребетних тварин і людини, процесу линяння у комах тощо.

Ключові терміни та поняття. Органічні сполуки, макромолекули, біополімери, мономері, ліпіди.

Коротко
про
головне

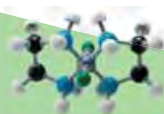
- ▶ Органічні речовини – сполуки Карбону з іншими елементами, що виникли в живих істотах або штучно синтезовані людиною. У цих сполуках ковалентно зв'язані атоми Карбону утворюють ланцюжки або ряди кілець (так званий скелет молекули).
- ▶ До складу клітин входять різні органічні сполуки: ліпіди, вуглеводи, білки, нуклеїнові кислоти тощо. Високомолекулярні органічні сполуки, які складаються з великої кількості однакових чи різних за хімічною будовою ланок (простих молекул – мономерів), називають біополімерами.
- ▶ Ліпіди – переважно гідрофобні органічні сполуки, що нерозчинні у воді, але розчиняються в неполярних розчинниках (естері, хлороформі, ацетоні та ін.). Більшість ліпідів – це похідні вищих жирних кислот, спиртів або альдегідів.
- ▶ Серед ліпідів розрізняють прості та складні. Прості ліпіди побудовані із сполучених між собою залишків жирних кислот (або альдегідів) і спиртів, наприклад жири, воски. Складні ліпіди – сполуки, утворені внаслідок взаємодії молекул простих ліпідів з іншими сполуками (наприклад, ліпопротеїди, гліколіпіди, фосфоліпіди).
- ▶ Ліпіди виконують такі біологічні функції:
 - енергетичну (у разі повного розщеплення 1 г жирів виділяється 38,9 кДж енергії);
 - будівельну, або структурну (входять до складу клітинних мембран, оболонки нервових волокон тощо);
 - резервну (можуть відкладатися про запас);
 - захисну (захист внутрішніх органів від механічних ушкоджень, а організму – від впливу різких змін температури, у рослин і наземних членистоногих – від значних втрат вологи);
 - регуляторну (ліпідну природу мають стероїдні гормони, вітаміни групи D та деякі інші біологічно активні речовини).



Запитання для самоконтролю

1. Чим органічні сполуки відрізняються від неорганічних? 2. Які ви знаєте основні класи органічних сполук? 3. Що таке ліпіди? Які основні групи ліпідів вам відомі? 4. Які властивості ліпідів? 5. Які функції ліпідів у живих організмах?

Поміркуйте. Верблюди мають значні запаси жиру, що слугує джерелом метаболічної води. Адже вони мешкають у спекотних пустелях, де температура вдень може сягати до +40 °C і вище. Сині кити здебільшого мешкають у прохолодних водах, і значні запаси підшкірного жиру захищають їхнє тіло від переохолодження. Чим відрізняється характер розподілу жирових відкладень у тілі цих тварин?



§ 8. ВУГЛЕВОДИ: РІЗНОМАНІТНІСТЬ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ



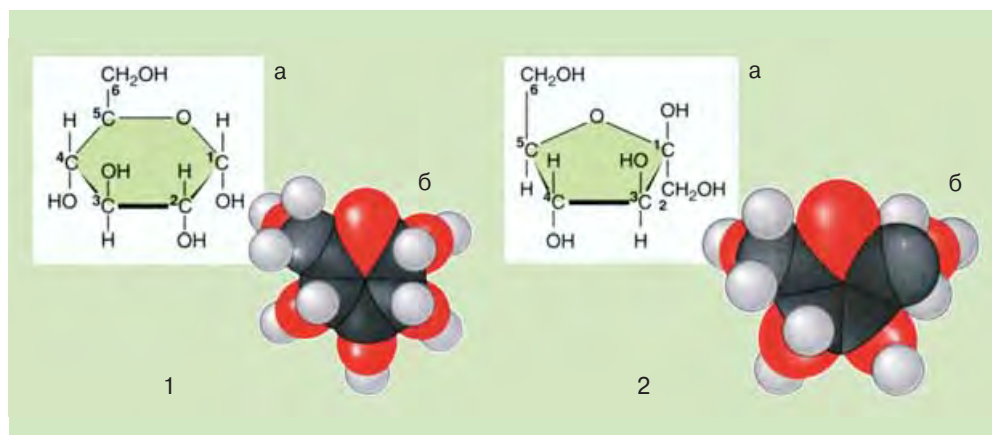
Пригадайте: які організми називають автотрофними та гетеротрофними? Які групи автотрофів вам відомі?

Вуглеводи — це сполуки, у яких співвідношення С, Н, О здебільшого відповідають формулі $(\text{CH}_2\text{O})_n$, де n дорівнює трьом і більше. Проте є вуглеводи, в яких співвідношення зазначених елементів дещо інше, а деякі містять також атоми Нітрогену, Фосфору чи Сульфуру. У клітинах тварин і грибів вуглеводи містяться у незначній кількості (близько 1 % сухої маси, у клітинах печінки та м'язів — до 5 %), а в рослинних клітинах їхній вміст значно більший (до 60–90 %).

• **Будова і властивості вуглеводів.** Залежно від кількості мономерів, що входять до складу молекул, вуглеводи поділяють на моносахариди, олігосахариди та полісахариди.

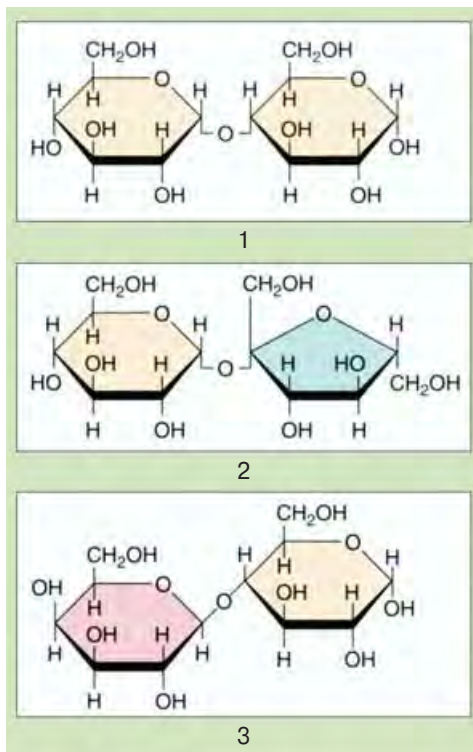
Моносахариди здебільшого мають загальну формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$. Вони можуть містити від 3 до 10 атомів Карбону: тріози (3 атоми Карбону), тетроза (4), пентози (5), гексози (6) і так далі до декози (10). У природі найпоширеніші гексози та пентози. Прикладами гексоз є глюкоза, фруктоза (мал. 8.1). Ці сполуки надають солодкого смаку плодам, меду, а глюкоза є дуже важливою складовою метаболізму. До пентоз, наприклад, належать рибоза і дезоксирибоза, що входять до складу відповідно рибонуклеїнових (РНК) і дезоксирибонуклеїнової (ДНК) кислот. Моносахариди добре розчиняються у воді.

Олігосахариди — полімерні вуглеводи, в яких 2–10 моносахаридних ланок з'єднані ковалентними (глікозидними) зв'язками. Зокрема, **дисахариди** утворені сполученням залишків двох молекул моносахаридів. Приклади дисахаридів: мальтоза (солодовий цукор) — складається з двох залишків глюкози; сахароза (буряковий або тростинний цукор) — складається із залишків глюкози і фруктози; лактоза (молочний цукор) — склада-



Мал. 8.1. Моносахариди глюкоза (1) і фруктоза (2): а — хімічна формула; б — просторова модель





Мал. 8.2. Дисахариди: 1 – мальтоза; 2 – сахароза; 3 – лактоза

ється з глюкози та галактози; трега-лоза (грибний цукор) – складається з двох залишків глюкози (мал. 8.2). Вони мають солодкий смак і добре розчиняються у воді.

Полісахариди – це біополімери, молекулярна маса деяких з них може сягати кількох мільйонів. Полісахариди відрізняються один від одного не тільки складом мономерів, а й довжиною та ступенем розгалуженості ланцюгів. Одні полісахариди складаються із залишків одного й того самого моносахариду, інші – різних.

Приклади полісахаридів: крохмаль, целюлоза, глікоген, пектин, лігнін, хітин та ін. (мал. 8.3, 8.4). Вони майже не розчиняються у воді і не мають солодкого присмаку.

Вуглеводи можуть вступати у зв'язок з іншими сполуками. Такі вуглеводи називають **складними**. Приклади: глікопротеїди (сполуки вуглеводів з білками), гліколіпіди (сполуки вуглеводів з ліпідами).

• Функції вуглеводів досить різ-

номанітні (енергетична, резервна, будівельна, транспортна, захисна).

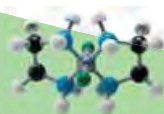
Енергетична функція. При розщепленні 1 г полісахаридів або олігосахаридів до моносахаридів виділяється 17,6 кДж теплової енергії. Вуглеводи відіграють провідну роль в енергетичному обміні: вони здатні як до окиснення, так і до розщеплення у безкисневих умовах. Це надзвичайно важливо для організмів, які мешкають в умовах дефіциту кисню (наприклад, паразити внутрішніх органів людини і тварин) або за його повної відсутності (анаероби, як-от дріжджі, деякі види бактерій).

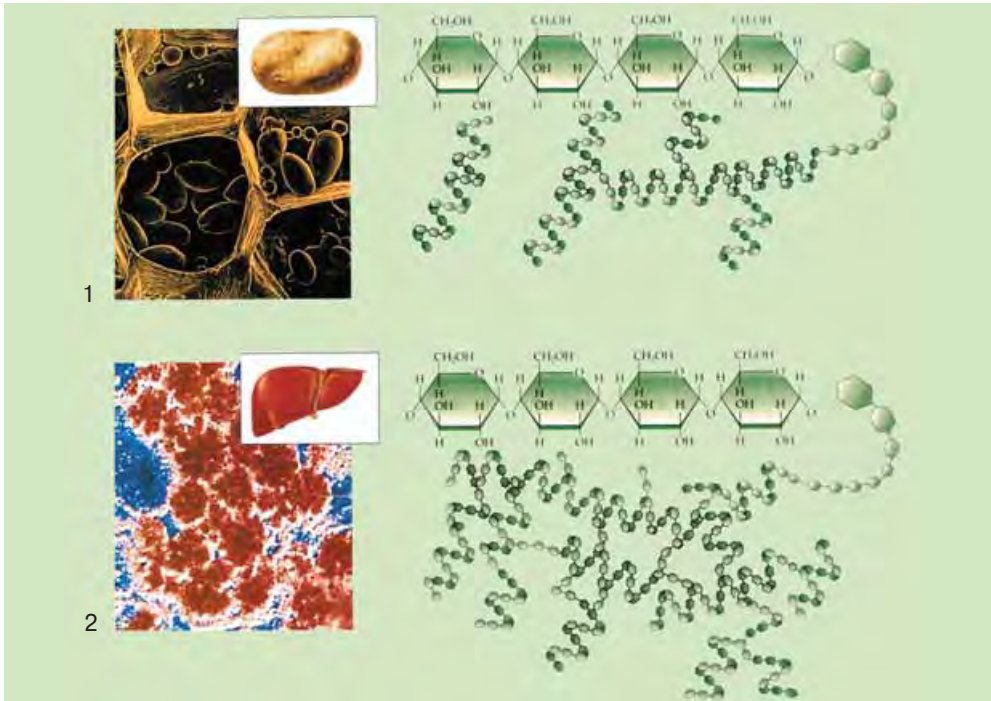
Резервна функція. Полісахариди можуть відкладатись у клітинах про запас, найчастіше у вигляді зерен. У клітинах рослин накопичується крохмаль, тварин і грибів – глікоген (мал. 8.3). Ці запасні сполуки є резервом поживних речовин.

Будівельна (структурна) функція вуглеводів полягає в тому, що полісахариди входять до складу певних структур. Так, нітрогеновмісний полісахарид хітин міститься у зовнішньому скелеті членистоногих і клітинній стінці грибів; клітинні стінки рослин утворені з целюлози (мал. 8.4).

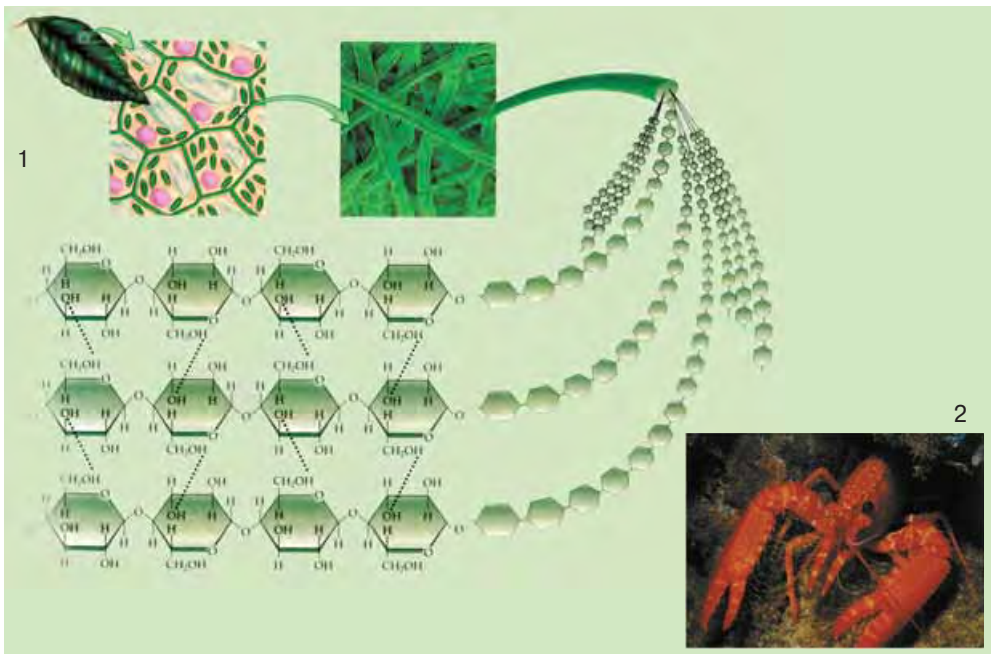
До складу надмембранних структур клітин тварин (глікокаліксу) і прокаріотів (клітинної стінки) входять вуглеводи, пов'язані з білками та ліпідами. Ці сполуки забезпечують з'єднання клітин між собою.

Особливі сполуки вуглеводів з білками (мукополісахариди) виконують в організмах хребетних тварин і людини **функцію мастила**, входячи до складу рідини, що змащує суглобові поверхні.

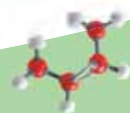




Мал. 8.3. Крохмаль у клітинах бульби картоплі (1); глікоген у клітинах печінки (2)



Мал. 8.4. Целюлоза у складі клітинних стінок рослин (1); хітин у складі зовнішніх покривів членистоногих (2)



Захисна функція. Полісахариди пектини здатні зв'язувати деякі токсини та радіонукліди, запобігаючи потраплянню їх у кров. Мукополісахарид гепарин запобігає зсіданню крові, підвищує проникність судин, стійкість організму до нестачі кисню (гіпоксії), впливу вірусів і токсинів, знижує рівень концентрації цукру у крові.

Ключові терміни та поняття. Моносахариди, олігосахариди, полісахариди.

Коротко
про
головне

- ▶ Вуглеводи – це сполуки Карбону, що здебільшого відповідають формулі $(\text{CH}_2\text{O})_n$, де n дорівнює трьом і більше. Деякі вуглеводи містять також атоми Нітрогену, Фосфору чи Сульфору.
- ▶ Залежно від кількості мономерів, що входять до складу молекул, вуглеводи поділяють на моносахариди, олігосахариди та полісахариди.
- ▶ Вуглеводи можуть вступати у зв'язок з іншими сполуками (глікопротеїди – сполуки вуглеводів з білками, гліколіпіди – сполуки вуглеводів з ліпідами).
- ▶ Функції вуглеводів: енергетична, резервна, будівельна (структурна), транспортна і захисна.



Запитання для самоконтролю

1. Які речовини відносять до вуглеводів? 2. Які ви знаєте основні класи вуглеводів? Які їхні властивості? 3. Які вуглеводи називають простими, а які – складними? 4. Які основні функції вуглеводів в організмах різних істот? 5. Що спільного у фізико-хімічних властивостях і функціях вуглеводів і ліпідів та чим відрізняються ці сполуки?

Поміркуйте. Чому паразити внутрішніх органів тварин і людини часто запасують велику кількість глікогену, на відміну від тих, які мешкають на покриттях хазяїна?

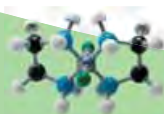
§ 9. БІЛКИ: БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ

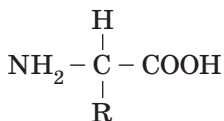


Пригадайте: приклади макромолекул, мономерів і біополімерів? Яка роль білків у житті організмів? Який хімічний склад гемоглобіну і ферментів, які їхні функції?

Серед органічних сполук білки відіграють провідну роль. Вони часто переважають у клітинах і в кількісному відношенні: приміром, у клітинах тварин становлять до 40–50 % сухої маси, а рослин – до 20–35 %.

• **Будова білків.** Білки – високомолекулярні нітрогеновмісні біополімери, мономерами яких є залишки амінокислот. Амінокислоти – це органічні кислоти, що містять *аміногрупу* ($-\text{NH}_2$), якій притаманні лужні властивості, та *карбоксильну групу* ($-\text{COOH}$) з кислотними властивостями. Ці групи, як і атом Гідрогену, зв'язані з одним і тим самим атомом Карбону. Є у складі амінокислот й специфічні для кожної з них частини. Їх називають *радикалами* (R-групами). Загальна формула амінокислоти має вигляд:





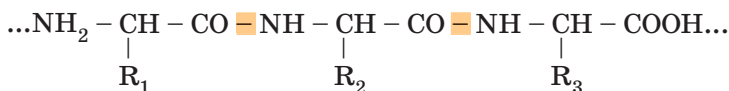
Загалом у тканинах живих істот трапляється понад 100 амінокислот, але до складу білків входять лише 20 основних, які зустрічаються майже в усіх білках. Крім того, неосновні амінокислоти, кожна з яких – похідна однієї з основних, є компонентами лише окремих типів білків.

Наприклад, білок колаген, який входить до складу сполучної тканини, містить гідроксипролін (похідну амінокислоти проліну); у протромбіні (одному з білків, які відповідають за процес зсідання крові) знайдено карбоксиглутамінову кислоту (похідну глутамінової кислоти) тощо.

У таблиці 9.1 (с. 52) наведено повні та скорочені назви основних амінокислот. Різні комбінації лише 20 амінокислот забезпечують нескінченну різноманітність білкових молекул (число можливих варіантів – близько $2 \cdot 10^{18}$). Зокрема, в організмі людини трапляється понад 5 млн типів білкових молекул. Молекула кожного певного білка характеризується специфічним складом і послідовністю амінокислотних залишків, які надають їй неповторних функціональних властивостей.

Існують різні класифікації амінокислот. Зокрема, амінокислоти поділяють на замінні та незамінні. *Замінні амінокислоти* організму людини і тварин здатні синтезуватися з продуктів обміну речовин. Натомість, *незамінні амінокислоти* в організмах людини і тварин не утворюються, а надходять разом з їжею. Ці амінокислоти синтезують рослини, гриби, бактерії. Білки, які містять усі незамінні амінокислоти, називають *повноцінними*, на відміну від *неповноцінних*, до складу яких не входять окремі незамінні амінокислоти. Слід зазначити, що для різних видів тварин і людини набір незамінних амінокислот неоднаковий, до того ж він може змінюватися з віком. Наприклад, аргінін або гістидин – замінні для дорослих і незамінні для дітей. Відсутність або нестача однієї чи кількох незамінних амінокислот спричиняють негативний баланс Нітрогену в організмі, порушення біосинтезу білків, гальмування росту й розвитку.

Залишки молекул амінокислот у складі білків сполучені між собою міцним ковалентним зв'язком, який виникає між карбоксильною групою однієї амінокислоти та аміногрупою іншої. Цей тип зв'язку називають *пептидним* (від грец. *пептос* – зварений). Завдяки такому міцному зв'язку утворюється сполука, яка складається із залишків двох амінокислот – **дипептид**. Структури, які складаються з великої кількості залишків амінокислот (від 6–10 до декількох десятків), належать до **поліпептидів** (пептидний зв'язок позначено кольором):



Поліпептиди з високою молекулярною масою (від 6000 до кількох мільйонів) називають **білками**. Вони складаються з одного або декількох поліпептидних ланцюгів і можуть містити до кількох тисяч амінокислотних залишків.



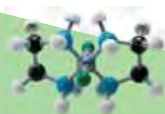
Назви основних амінокислот та їхні скорочені позначення

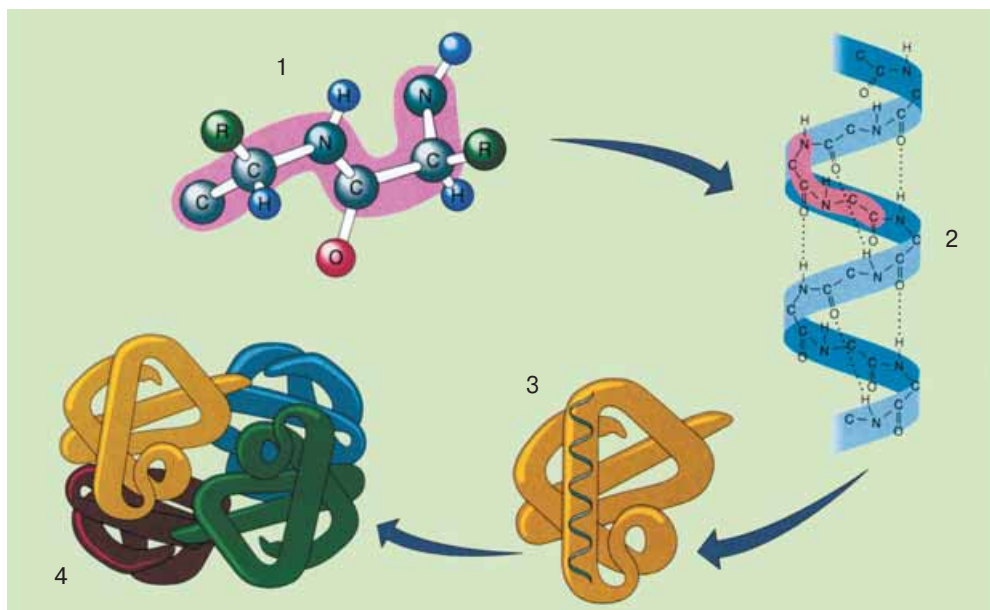
Назва амінокислоти	Скорочена назва
Аланін	Ала
Аргінін	Арг
Аспарагін	Асн
Аспарагінова кислота	Асп
Валін	Вал
Гістидин	Гіс
Гліцин	Глі
Глутамін	Глн
Глутамінова кислота	Глу
Ізолейцин	Іле
Лейцин	Лей
Лізин	Ліз
Метіонін	Мет
Пролін	Про
Серин	Сер
Тирозин	Тир
Треонін	Тре
Триптофан	Три
Фенілаланін	Фен
Цистеїн	Цис

Назва амінокислоти часто відображає назву субстрату, з якого її було виділено, або певні властивості та ін. Наприклад, аспарагін вперше виявлено в рослині аспарагусі (холодок), гліцин названо завдяки солодкому присмаку (від грец. глікос – солодкий).

• **Рівні просторової організації білків.** Відомо чотири рівні просторової організації, або *конформації*, білків: первинний, вторинний, третинний і четвертинний (мал. 9.1).

Первинну структуру білків визначає певна послідовність амінокислотних залишків, з'єднаних за допомогою пептидних зв'язків. Саме первинна структура і визначає властивості та функції тієї чи іншої білкової молекули. Часто молекула білка у вигляді такого ланцюга не придатна до виконання свого призначення. Для цього вона, наприклад, має повністю або частково закрутитися у спіраль, тобто набути **вторинної структури** завдяки водневим зв'язкам. Такі зв'язки виникають між атомами Гідрогену NH-групи одного витка спіралі та Оксигену CO-групи іншого витка спіралі. Хоча ці зв'язки значно слабші за пептидні, однак разом вони формують досить міцну структуру.





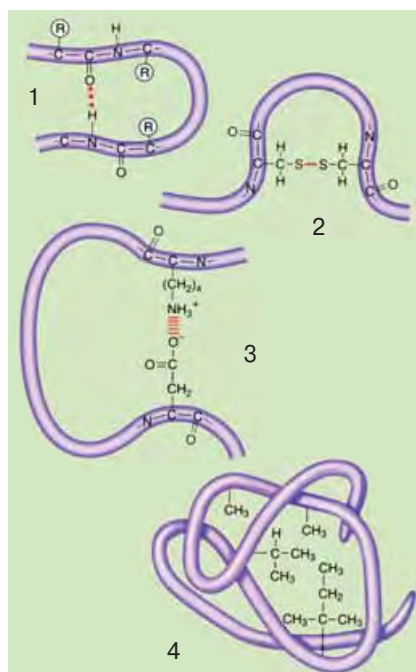
Мал. 9.1. Рівні просторової організації білкових молекул: 1 – первинний; 2 – вторинний; 3 – третинний; 4 – четвертинний

Третинна структура зумовлена здатністю поліпептидної спіралі закручуватися певним чином у грудку, або *глобулу*, завдяки зв'язкам, які виникають між залишками амінокислоти цистеїну (так звані дисульфідні зв'язки). Підтримання третинної структури забезпечують гідрофобні, електростатичні та інші взаємодії, а також водневі зв'язки (мал. 9.2). Гідрофобні взаємодії – це сили тяжіння між неполярними молекулами або між неполярними ділянками молекул у водному середовищі. Гідрофобні залишки усяких амінокислот у водному розчині зближуються, наче «злипаються», та стабілізують структуру білка.

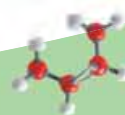
Електростатичні зв'язки виникають між негативно та позитивно зарядженими радикалами залишками амінокислот.

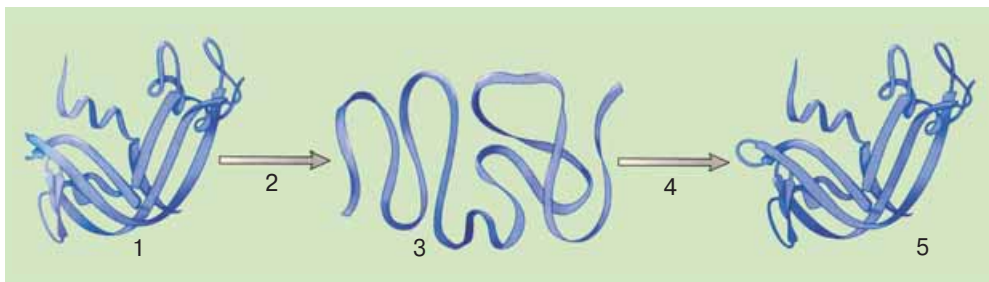
Четвертинна структура білків виникає, коли об'єднуються кілька глобул. Наприклад, молекула гемоглобіну складається з чотирьох залишків молекул білка міоглобіну.

Залежно від хімічного складу білки поділяють на **прості** та **складні**. Прості,



Мал. 9.2. Зв'язки, які підтримують конформації білкової молекули: 1 – водневі; 2 – дисульфідні; 3 – йонні взаємодії; 4 – гідрофобні взаємодії





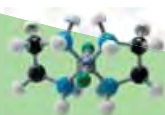
Мал. 9.3. Денатурація (2) та ренатурація (4) білкової молекули:
1, 5 – активні молекули білка; 3 – неактивна молекула білка

або *протеїни*, складаються лише з амінокислотних залишків, а складні, або *протеїди*, у молекулах містять також небілкові компоненти – залишки ортофосфатної та нуклеїнових кислот, вуглеводів, ліпідів, атоми Феруму, Цинку, Купруму тощо. Складні білки називають *глікопротеїдами* (сполуки з вуглеводами), *ліпопротеїдами* (з ліпідами), *нуклеопротеїдами* (з нуклеїновими кислотами) тощо. Багато білків утворюють складні комплекси з **пигментами** – забарвленими у різні кольори органічними сполуками.

• **Властивості білків.** Функціональні властивості білків зумовлені їхнім амінокислотним складом і просторовою структурою. За формою молекул розрізняють *фібрилярні* (ниткоподібні) та *глобулярні* (кулясті) білки. Фібрилярні білки зазвичай нерозчинні у воді й виконують структурну (наприклад, кератин входить до складу волосся людини або шерсті тварин) або рухову (м'язові білки) функції. Натомість глобулярні білки здебільшого водорозчинні та виконують інші функції: наприклад, гемоглобін забезпечує транспорт газів, пепсин – розщеплення білків їжі, імуноглобуліни (антитіла) – захисну. Глобулярні білки менш стійкі (пригадайте з власного досвіду: білок курячих яєць навіть за незначного підвищення температури легко змінює свою структуру).

Одна з основних властивостей білків – їхня здатність під впливом різних чинників (дія концентрованих кислот і лугів, важких металів, високої температури тощо) змінювати свою структуру і властивості. Процес порушення природної структури білків, який супроводжується розгортанням білкової молекули без зміни її первинної структури, називають **денатурацією** (мал. 9.3). Здебільшого денатурація необоротна. Але якщо на початкових стадіях денатурації припиняється дія чинників, що призвели до неї, білок може відновити свій початковий стан. Це явище називають **ренатурацією**. У живих організмів оборотна денатурація часто пов'язана з виконанням певних функцій білковими молекулами: забезпеченням рухів, передачею до клітини сигналів з навколишнього середовища, прискоренням біохімічних реакцій тощо. Необоротний процес руйнування первинної структури білків називають **деструкцією**.

Ключові терміни та поняття. Білки, поліпептиди, денатурація, ренатурація, деструкція.





- Білки – високомолекулярні біополімери, мономерами яких є залишки амінокислот. Двадцять основних амінокислот можуть сполучатися між собою у різних поєднаннях за допомогою особливого типу ковалентного (пептидного) зв'язку.
- Дипептид складається із залишків двох амінокислот, поліпептид – із залишків від 6–10 до кількох десятків амінокислот; поліпептиди з молекулярною масою понад 6000 називають білками.
- Відомо чотири рівні просторової організації білків: первинний, вторинний, третинний і четвертинний. Первинну структуру білків визначає певна послідовність різних типів амінокислотних залишків. Вторинна структура характеризується тим, що білкова молекула повністю або частково закручується в спіраль завдяки водневим зв'язкам, які виникають між атомами Гідрогену NH-групи одного витка спіралі та Оксигену CO-групи іншого. Третинна структура часто нагадує грудку (глобулу) та існує завдяки дисульфідним та іншим типам зв'язків. Четвертинна структура виникає шляхом об'єднання разом кількох глобул; її забезпечують гідрофобні, електростатичні, водневі та інші зв'язки.
- Прості білки, або протеїни, складаються лише з амінокислотних залишків, а складні, або протеїди, у своєму складі мають також сполуки іншої природи.
- Білки здатні до денатурації та ренатурації (зміни та відновлення своєї структури). Необоротний процес руйнування первинної структури білків називають деструкцією.

**Коротко
про
головне**



Запитання для самоконтролю

1. Яка будова амінокислот, поліпептидів та білків? 2. Які амінокислоти називають замінними та незамінними? 3. Як амінокислоти сполучаються в поліпептидний ланцюг? 4. Які білки відносять до простих, а які – до складних? 5. Які є рівні просторової організації білків? 6. Які властивості притаманні білкам? 7. Як властивості білків залежать від їхньої просторової структури?

Поміркуйте. 1. Що спільного та відмінного в процесах денатурації та деструкції? 2. Яку роль у житті організмів відіграє здатність молекул білків до денатурації? 3. Чому відсутність в їжі білків тваринного походження негативно впливає на життєдіяльність організму людини?

§ 10. ФУНКЦІЇ БІЛКІВ

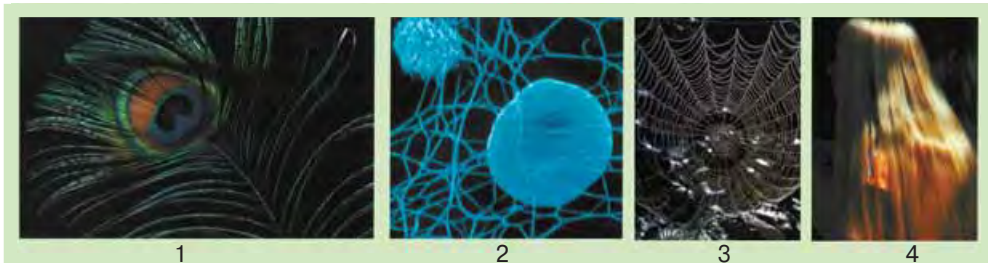


Пригадайте: що ви знаєте про органели, ендосперм, хромосоми, антитіла та антигени? Що таке катіони та аніони? Які сполуки відносять до глікопротеїдів? Які клітини належать до еукаріотичних?

Ви вже знаєте, наскільки різноманітними можуть бути білкові молекули. А різноманітність білкових молекул, у свою чергу, визначає різноманітність їхніх функцій.

• **Будівельна, або структурна, функція** полягає в тому, що білки є складовим компонентом клітинних мембран. З білків складаються структури скелета клітин (мікротрубочки і мікронитки), які закріплюють у певному





Мал. 10.1. Структури, до складу яких входить білок: 1 – борідки пера птаха; 2 – кров'яний згусток (тромб); 3 – павутиння; 4 – волосся людини

положенні органели або ж забезпечують їхнє пересування по клітині. Білки також входять до складу рибосом, хромосом та майже усіх інших клітинних структур.

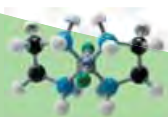
Головним компонентом хрящів і сухожилків є пружний і міцний білок колаген. Волокна цього білка є й в інших різновидах тканин внутрішнього середовища. Еластин, що міститься у зв'язках, має здатність розтягуватися; пружності кісткам надає білок колаген. Кератин, як вам відомо, входить до складу таких утворів хребетних тварин, як кігті, нігті, роги, копита, дзьоби, волосся, голки тощо. Головним компонентом шовкових ниток і павутиння слугує білок фіброїн (мал. 10.1).

- **Енергетична функція** білків полягає в тому, що за повного розщеплення 1 г білків у середньому вивільняється 17,2 кДж енергії.

- **Захисна функція білків.** Структури, до складу яких входять білки (зовнішній скелет членистоногих, кістки, хрящові утвори), запобігають ушкодженню клітин, органів й організму в цілому. Білки захищають організм від проникнення ззовні сторонніх сполук і хвороботворних мікроорганізмів. **Імуноглобуліни** (або **антитіла**) хребетних тварин – спеціалізовані білки, здатні «розпізнавати» та знешкоджувати бактерії, віруси та інші – **антигени**. Це сполуки, які організм сприймає як чужорідні і зумовлюють специфічну імунну відповідь. Імуноглобулінам притаманна специфічність – певне антитіло утворюється у відповідь на надходження в організм того чи іншого антигену. **Інтерферон** – це білок, який пригнічує розмноження вірусів. На його основі створено лікувальні противірусні препарати. Білки крові (*пригадайте, які*) беруть участь у процесах її зсідання та утворення тромбів, запобігаючи крововтратам при ушкодженні стінок кровоносних судин. Захисну функцію можуть виконувати деякі ферменти, наприклад **лізоцим**, який міститься у слині, слизових оболонках, слізній рідині та знешкоджує різних хвороботворних агентів.

- **Сигнальна функція** білків полягає в тому, що окремі складні білки (глікопротеїди) клітинних мембран здатні «розпізнавати» специфічні хімічні сполуки і певним чином на них реагувати. Зв'язуючи їх або змінюючи свою структуру, вони тим самим передають сигнали про ці речовини на інші ділянки мембрани або всередину клітини. Ця функція білків забезпечує важливу властивість клітин – подразливість.

- **Скорочувальна, або рухова, функція.** Деякі білки забезпечують здатність клітин, тканин чи цілого організму змінювати форму, рухатись. Наприклад, білки **актин** і **міозин**, які входять до складу м'язових клітин,



забезпечують їхню здатність до скорочення. Білок **тубулін** входить до складу мікротрубочок, джгутиків і війок клітин еукаріотів.

- **Резервна функція.** Деякі білки, які відкладаються про запас, можуть слугувати запасом поживних речовин для організму. Так, білки відкладаються про запас в яйцеклітинах тварин, клітинах ендосперму рослин. Ці білки зародок споживає на перших етапах свого розвитку.

- Ще одна з основних функцій білків – **транспортна**. Пригадайте, **гемоглобін** та інші подібні до нього забарвлені сполуки – дихальні пігменти крові людини і багатоклітинних тварин. Їхні молекули здатні утворювати нестійкі сполуки з киснем або вуглекислим газом і завдяки руху крові та інших рідин організмів транспортувати ці речовини, забезпечуючи процеси клітинного та тканинного дихання.

Крім того, гемоглобін дає змогу зберігати резерв Оксигену в організмі у зв'язаному стані. Це має важливе значення для тварин – мешканців багатих на органіку водойм за умов дефіциту кисню (личинки комарів-дергунів – мотиль, малощетинкові черви – трубочники тощо).

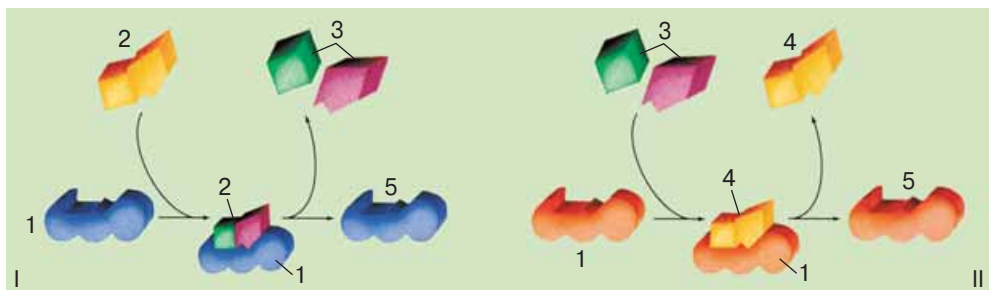
Транспортні білки переносять ліпіди, що синтезуються на мембранах ендоплазматичної сітки, до інших органел. Білки, вбудовані в плазматичну мембрану, забезпечують транспорт речовин у клітину та з клітини назовні.

- **Функція протистояння несприятливим температурам.** У плазмі крові деяких риб містяться білки, що запобігають їй замерзанню в умовах низьких температур. Натомість, в організмів, які мешкають у гарячих джерелах, є білки, що не денатурують навіть за температури $+50...90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Багато білків виконують **регуляторну функцію**. Білкову природу мають певні гормони та нейрогормони, які регулюють активність обміну речовин, процеси росту і розвитку організмів (наприклад, гормон росту).

- **Каталітична функція** притаманна особливим білкам – **ферментам**, або **ензимам**, що впливають на перебіг біохімічних реакцій. **Каталіз** (від грец. *каталіз* – припинення) – зміна швидкості перебігу хімічних реакцій під дією певних хімічних сполук. Каталітичну функцію в живих організмах – **біокаталіз** – здійснюють ферменти (мал. 10.2).

Ферменти бувають простими та складними. *Прості ферменти* – це білкові молекули (пепсин, трипсин тощо), які складаються лише з амінокис-



Мал. 10.2. Функції ферментів. I. Фермент (1) тимчасово сполучається з речовиною (2) і забезпечує її розщеплення на простіші сполуки (3). II. Фермент (1) вступає у тимчасовий комплекс із двома молекулами (3) і забезпечує їхню реакцію з утворенням складнішої речовини (4). Після реакції структура ферменту не змінюється (5) і він готовий забезпечувати нові реакції



лотних залишків. *Складні ферменти*, крім білкової частини, містять ще й небілкову, яку називають **кофактором**. Кофакторами можуть бути неорганічні катіони або аніони, а також органічні речовини (**коферменти**), наприклад похідні вітамінів. Білковий компонент складних ферментів визначає, яку саме реакцію каталізує певний складний фермент. Але активність складних ферментів проявляється лише тоді, коли білкова частина ферменту сполучається з небілковою.

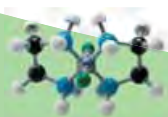
Каталітична активність ферменту зумовлена не всією його молекулою, а лише її невеликою ділянкою – **активним центром**. Його просторова структура відповідає хімічній будові речовин, які вступають у реакцію. Активний центр відповідає за приєднання та перетворення сполук, що вступають у реакцію. Саме тому дія ферменту специфічна. Часто до складу активного центру входять похідні вітамінів або атоми металів. В одній молекулі ферменту може бути кілька активних центрів.

Ферменти утворюють нестійкі комплекси з речовинами, які вступають у реакцію. Ферментативна реакція перебігає в 10^6 – 10^{12} разів швидше, ніж у середовищі без ферментів. За кілька секунд чи навіть частки секунди в організмі відбувається складна послідовність реакцій, для проведення якої із застосуванням звичайних хімічних каталізаторів потрібні дні, тижні або навіть місяці та роки. Це пояснюють тим, що для здійснення будь-якої хімічної реакції необхідний контакт між реагентами. Аби відбулася реакція без участі ферментів, потрібна висока концентрація реагуючих речовин у середовищі або підвищена температура, за якої прискорюється рух молекул і зростає ймовірність контактів молекул реагуючих сполук. Але в організмах концентрація речовин часто дуже низька, а високі температури можуть бути небезпечними. Саме тому біохімічні реакції не можуть відбуватися без участі ферментів.

При контакті з ферментом речовина, що вступає в реакцію, орієнтується у безпосередній близькості від специфічних груп активного центру ферменту. При цьому зменшується стабільність хімічних зв'язків у її молекулі. Відомо, що для перебігу хімічної реакції молекула субстрату повинна перейти у так званий перехідний стан, коли полегшується розрив хімічних зв'язків. Енергію, необхідну для переходу субстрату в активований стан, називають **енергією активації** (на розрив певного зв'язку витрачається енергії не менше, ніж витрачено на його утворення). Іншими словами, **енергія активації** – це енергія, потрібна для того, щоб розпочалася відповідна хімічна реакція. Утворюючи комплекс «фермент–речовина, які вступають у реакцію», ферменти знижують енергію активації. Такий комплекс швидко розпадається з утворенням продуктів реакції. Сам фермент при цьому не втрачає своєї активності і може каталізувати наступну подібну реакцію.

Одні ферменти забезпечують розщеплення певних сполук, інші – синтез. Наприклад, фермент целюлаза забезпечує розщеплення клітковини (целюлози). Якщо в реакції беруть участь дві сполуки або більше, кожна з них взаємодіє з ферментом. Фермент при цьому утримує їх близько одна від одної, забезпечуючи реакцію.

Активність ферменту проявляється лише за певних умов: тих чи інших значень температури, тиску, рН тощо. Існують і спеціальні речовини,





здатні регулювати активність ферментів. Вони зв'язуються з активними центрами ферментів і блокують їхню активність. У ролі таких речовин-інгібіторів можуть виступати йони важких металів: Плюмбуму (Pb), Арсену (As), Аргентуму (Ag).

Ферментативні реакції відбуваються у вигляді низки послідовних етапів (до декількох десятків). Ланцюги взаємопов'язаних ферментативних реакцій загалом забезпечують обмін речовин і перетворення енергії в окремих клітинах й організмі в цілому.

Ферменти мають певне розташування як у межах окремої клітини, так і в організмі в цілому. У клітині багато ферментів пов'язані з плазматичною мембраною або мембранами окремих органел (мітохондрій, пластид тощо).

Ключові терміни та поняття. Ферменти, біокаталіз, кофактор.

Різноманітні білкові молекули в живих організмах здійснюють функції:

- будівельну, або структурну (складові клітинних мембран та інших структур клітини, хрящів, сухожилків, кісток тощо);
- енергетичну (при повному розщепленні 1 г білків у середньому звільняється 17,2 кДж енергії);
- захисну (імуноглобуліни, інтерферон, лізоцим, участь у процесах зсідання крові);
- сигнальну (білки клітинних мембран здатні «розпізнавати» специфічні хімічні сполуки або дію різних чинників і певним чином на них реагувати, забезпечуючи подразливість клітин);
- скорочувальну, або рухову (деякі білки забезпечують здатність клітин, тканин чи цілого організму змінювати форму, рухатись);
- резервну (деякі білки можуть слугувати запасом поживних речовин для організму);
- транспортну (дихальні пігменти крові тварин; білки, вбудовані в плазматичну мембрану);
- протистояння занадто низьким або високим температурам довкілля;
- регуляторну (гормони та нейрогормони);
- каталітичну (ферменти, або ензими, що впливають на швидкість біохімічних реакцій).

Прості ферменти становлять собою білкові молекули, які складаються лише з амінокислотних залишків. Складні ферменти, крім білкової частини, містять і небілкову – кофактор. Ферментативна реакція перебігає в 10^6 – 10^{12} разів швидше, ніж у середовищі без ферментів.

**Коротко
про
головне**



**Запитання для
самоконтролю**

1. Які основні біологічні функції білків? 2. У чому полягає захисна функція білків? 3. Чим визначається рухова функція білків? 4. Які функції виконують ферменти? 5. Завдяки чому ферменти здатні здійснювати свої функції? 6. На яких властивостях білків ґрунтується здатність організмів сприймати подразники? 7. Чому без участі ферментів перебіг більшості біохімічних процесів у клітині був би неможливим?



Поміркуйте. У результаті ферментативних реакцій, на відміну від безферментних, не утворюються побічні продукти, тобто спостерігається майже 100 %-й вихід кінцевого продукту. Яке це має значення для нормально-го функціонування організму?

§ 11. НУКЛЕІНОВІ КИСЛОТИ. ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ РНК. АТФ

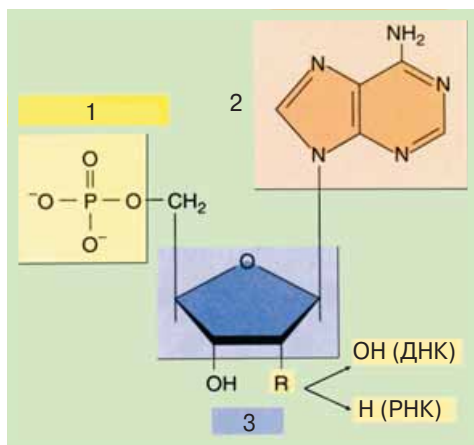


Пригадайте: які сполуки називають біополімерами? Які існують рівні просторової організації білкових молекул?

Ви пам'ятаєте, що всі живі істоти здатні зберігати спадкову інформацію і передавати її нащадкам при розмноженні. Цю функцію виконують нуклеїнові кислоти. Певні види нуклеїнових кислот беруть участь у реалізації спадкової інформації.

• **Нуклеїнові кислоти** – складні високомолекулярні біополімери, моно-мерами яких є **нуклеотиди**. Число нуклеотидів у складі однієї молекули нуклеїнової кислоти може становити від 200 до 200 млн. Уперше нуклеїнові кислоти виявили в ядрі клітин, звідки й походить назва цих сполук (від лат. *нуклеус* – ядро). Але згодом ці сполуки виявили і в інших частинах клітини. Молекула нуклеотиду складається з трьох частин: залишків нітратної основи, п'ятиуглецевого моносахариду (пентози) та ортофосфатної кислоти (мал. 11.1). Залежно від виду пентози, що входить до складу нуклеотиду, розрізняють два типи нуклеїнових кислот: **дезоксирибонуклеїнову (ДНК)** і **рибонуклеїнові (РНК)**. До складу ДНК входить залишок дезоксирибози, а РНК – рибози.

У молекулах ДНК і РНК містяться залишки різних нітратних основ. У молекулі ДНК – залишки аденіну (скорочено позначається літерою **А**), гуаніну (**Г**), цитозину (**Ц**) та тиміну (**Т**), у молекулі РНК – аденіну (**А**), гуаніну (**Г**), цитозину (**Ц**) та урацилу (**У**).



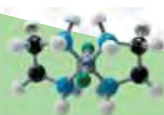
Мал. 11.1. Будова нуклеотиду:
1 – залишок ортофосфатної кислоти;
2 – нітратна основа; 3 – моносахарид (пентоза)

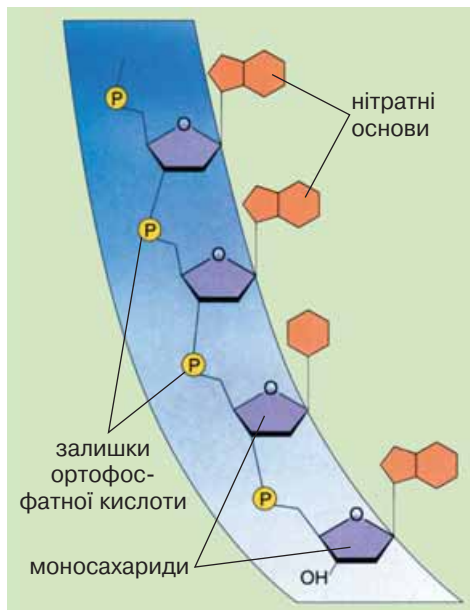
Отже, зверніть увагу: три типи нітратних основ для молекул ДНК і РНК спільні (нуклеотиди з аденіном, гуаніном і цитозином), натомість тимін міститься лише в молекулах ДНК, тоді як урацил – тільки в молекулах РНК (мал. 11.2).

Як і молекулам білків, молекулам нуклеїнових кислот притаманні різні рівні просторової організації (конформації).

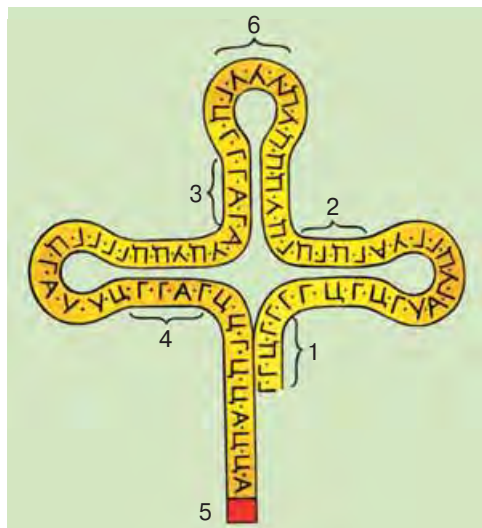
• **Типи РНК.** Молекули РНК клітин прокаріотів та еукаріотів складаються з одного ланцюга. Існують три основні типи РНК, які відрізняються за місцем розташування у клітині, розмірами та функціями.

Інформаційна, або матрична, РНК (іРНК, або мРНК) становить





Мал. 11.2. Схема будови нуклеїнової кислоти



Мал. 11.3. Будова тРНК: 1–4 – ділянки з'єднання комплементарних нуклеотидів за допомогою водневих зв'язків; 5 – ділянка, до якої приєднується амінокислота; 6 – антикодон

собою копію певної ділянки молекули ДНК. Така молекула переносить спадкову інформацію від ДНК до місця синтезу поліпептидного ланцюга, а також бере безпосередню участь у його збиранні.

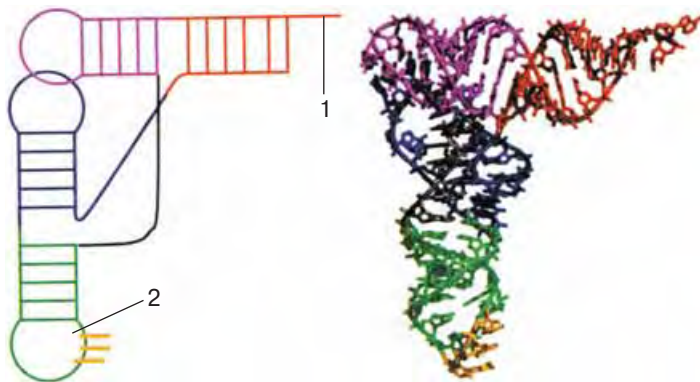
Транспортна РНК (тРНК) має найменші розміри серед усіх молекул РНК (складається з 70–90 нуклеотидів). Вона приєднує амінокислоти і транспортує їх до місця синтезу білкових молекул. Там молекула тРНК «впізнає» відповідну ділянку іРНК. Ця ділянка – послідовність з трьох нуклеотидів, яка кодує одну з амінокислот. Таким чином визначається порядок розташування амінокислотних залишків у молекулі білка, що синтезується.

Кожну з амінокислот транспортує до місця синтезу білка певна тРНК. У транспорті комплексу «молекула тРНК–залишок амінокислоти» беруть участь мікротрубочки та мікронитки цитоплазми.

Транспортна РНК може мати вторинну структуру, що за формою нагадує листок конюшини. Така структура зумовлена тим, що в певних ділянках молекули тРНК (4–7 послідовних ланок) між комплементарними нуклеотидами виникають водневі зв'язки. Біля верхівки «листка» містяться три нуклеотида, або **триплет**, який за генетичним кодом відповідає певній амінокислоті. Цей триплет називають **антикодonom**. Біля основи молекули ДНК є ділянка, до якої завдяки ковалентному зв'язку приєднується відповідна амінокислота (мал. 11.3). Молекула тРНК може утворювати і складнішу конформацію (третинну), що нагадує латинську літеру «L» або слов'янську «Г» (мал. 11.4).

Рибосомна РНК (рРНК) входить до складу особливих органел клітини – рибосом. Разом з білками вона виконує структурну функцію, забезпечуючи певне просторове розташування іРНК й тРНК під час біосинтезу білкової молекули. У клітинах еукаріотів рРНК синтезується в ядерці.





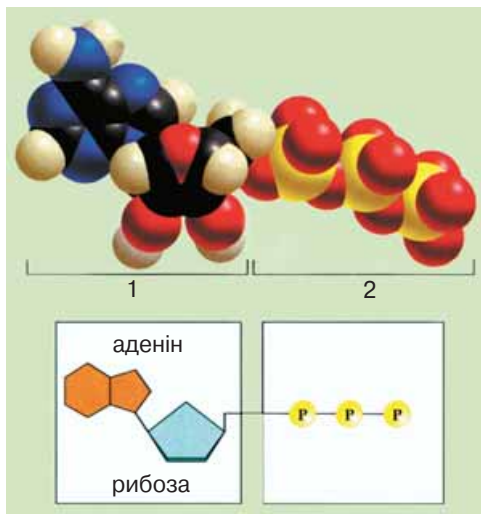
Мал. 11.4. Г-подібна конформація тРНК:
1 – місце, до якого приєднуються амінокислота;
2 – антикодон

• **Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ)** – сполука, яка за своїм складом є нуклеотидом. Молекула АТФ складається із залишків нітратної основи (аденіну), пентози (рибози) та трьох залишків ортофосфатної кислоти (мал. 11.5). Ця речовина має незвичні для інших органічних сполук хімічні зв'язки та властивості. Це два високоенергетичні (*макроергічні*) хімічні зв'язки між послідовно розміщеними залишками ортофосфатної кислоти, в яких запасається значна кількість енергії. Якщо за участі відповідного ферменту відщеплюється один залишок ортофосфатної кислоти, то АТФ перетворюється на **аденозиндифосфатну кислоту (АДФ)**, при цьому звільняється близько 40 кДж енергії.

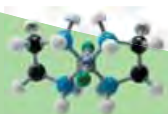
Залежно від умов внутрішнього середовища клітини кількість енергії, що виділяється при відщепленні одного залишка ортофосфатної кислоти, може варіювати від 33 до 50 кДж/моль глюкози.

Якщо ж відщеплюються два залишки молекул ортофосфатної кислоти, АТФ перетворюється на **аденозинмонофосфатну кислоту (АМФ)**. При цьому вивільняється понад 84 кДж енергії. Відповідно, при приєднанні до АМФ залишку ортофосфатної кислоти запасається близько 40 кДж енергії. При цьому утворюється молекула АДФ. Також близько 40 кДж енергії запасається за умови приєднання ще одного залишку ортофосфатної кислоти до молекули АДФ. Молекула АДФ таким чином перетворюється на молекулу АТФ. Отже, **запам'ятайте: молекули АТФ слугують універсальним хімічним акумулятором енергії в клітинах.**

Енергія, яка вивільняється в процесі розщеплення молекул АТФ, використовується для синтезу необхідних організму сполук, підтримання певної температури тіла, забезпечення інших процесів життєдіяльності.



Мал. 11.5. Молекула АТФ:
1 – аденозин; 2 – триортофосфат



Ключові терміни та поняття. Нуклеотиди, нуклеїнові кислоти.

- ▶ Нуклеїнові кислоти – складні високомолекулярні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди. Молекула нуклеотиду складається із залишків нітратної основи, п'ятивуглецевого моносахариду (пентози) та ортофосфатної кислоти.
- ▶ Розрізняють два типи нуклеїнових кислот: дезоксирибонуклеїнову (ДНК) і рибонуклеїнові (РНК). До складу ДНК входить залишок пентози дезоксирибози, до складу РНК – рибози.
- ▶ У молекулах РНК містяться чотири типи нуклеотидів: з аденином (А), гуаніном (Г), цитозином (Ц) та урацилом (У). У молекулі ДНК також зустрічаються чотири типи нуклеотидів, але замість урацилу – тимін (Т).
- ▶ Існують три основні типи РНК: інформаційна (іРНК), транспортна (тРНК) і рибосомна (рРНК).
- ▶ Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) – універсальний хімічний акумулятор енергії в клітинах.

**Коротко
про
головне****Запитання для самоконтролю**

1. Які особливості будови нуклеїнових кислот? Які є типи нуклеїнових кислот? 2. Які ви знаєте види РНК? 3. Яка будова та функції молекул іРНК? 4. Як будова тРНК пов'язана з її функціями? 5. Які функції молекул рРНК? 6. Яка структура молекули АТФ? 7. У чому полягає роль АТФ у перетворенні енергії в клітині?

Поміркуйте. У яких процесах, що відбуваються в клітині, беруть участь молекули РНК?

§ 12. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ ДНК



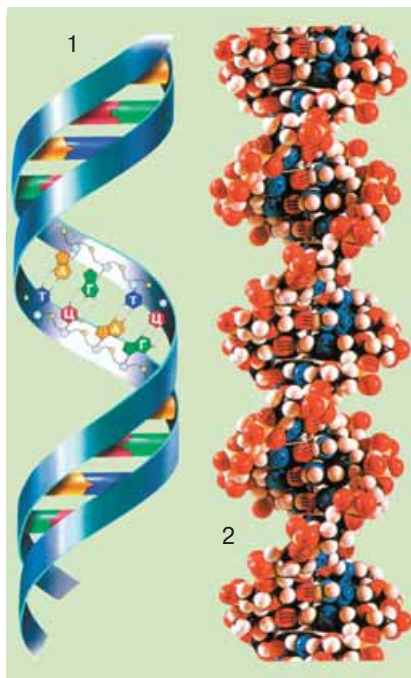
Пригадайте: які речовини відносять до моносахаридів, біополімерів? Де в клітинах зберігається спадкова інформація? Які організми називають еукаріотами та прокаріотами? Які процеси називають денатурацією, ренатурацією та деструкцією? Що ви знаєте про антитіла та антигени?

• **Будова ДНК.** Молекули ДНК у клітинах еукаріотів містяться в ядрі, пластидах і мітохондріях, а прокаріотів – в особливих ділянках цитоплазми. Розшифрування структури ДНК має свою історію. 1950 року американський учений українського походження Ервін Чаргафф (1905–2002) та його колеги виявили певні закономірності кількісного вмісту нітратних основ у молекулі ДНК:

по-перше, кількість нуклеотидів, що містять аденін у будь-якій молекулі ДНК, дорівнює числу нуклеотидів, які містять тимін ($A = T$), а число нуклеотидів з гуаніном – числу нуклеотидів з цитозином ($G = C$);

по-друге, сума нуклеотидів з аденином і гуаніном дорівнює сумі нуклеотидів з тиміном і цитозином ($A + G = T + C$). Як ви же знаєте, це





Мал. 12.1. Молекула ДНК: 1 – схема будови; 2 – просторова модель; зверніть увагу: між комплементарними нуклеотидами Г–Ц утворюються три водневі зв’язки, а між А–Т – лише два. Обидва ланцюги ДНК закручені навколо спільної осі, а також один навколо іншого

відкриття сприяло встановленню в 50-х роках ХХ ст. просторової структури молекули ДНК (мал. 12.1).

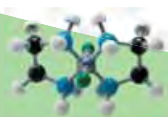
Молекула ДНК складається з двох ланцюгів нуклеотидів, які сполучаються між собою за допомогою водневих зв’язків. Ці зв’язки виникають між двома нуклеотидами, які ніби доповнюють один одного за розмірами. Встановлено, що залишок аденіну (А) нуклеотиду одного ланцюга молекули ДНК завжди сполучається із залишком тиміну (Т) нуклеотиду іншого ланцюга (між ними виникає два водневі зв’язки), а гуаніну (Г) – з цитозином (Ц) (між ними виникає три водневі зв’язки).

Чітка відповідність нуклеотидів у двох ланцюгах ДНК має назву **комплементарність** (від лат. *комплемента* – доповнення). При цьому два ланцюги нуклеотидів обвивають один одного, створюючи закручену вправо спіраль діаметром приблизно 2 нм [1 нм (нанометр) дорівнює $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$]. Так виникає вторинна структура молекули ДНК, тоді як первинна – це певна послідовність залишків нуклеотидів, розташованих у вигляді подвійного ланцюга. При цьому окремі нуклеотиди сполучаються між собою в ланцюжок за рахунок особливого різновиду міцних ковалентних зв’язків, які виникають між залишком вуглевода одного нуклеотиду та залишком ортофосфатної кислоти іншого.

Молекули ДНК у клітині становлять компактні структури. Наприклад, довжина ДНК найбільшої хромосоми людини дорівнює 8 см, але вона скручена таким чином, що вміщується в хромосомі завдовжки 5 мкм. Це відбувається завдяки тому, що дволанцюгова спіраль ДНК зазнає подальшого просторового ущільнення, формуючи третинну структуру – суперспіраль. Така будова характерна для ДНК хромосом еукаріотів і зумовлена взаємодією між ДНК та ядерними білками. У ядерній зоні клітин прокаріотів молекула ДНК має кільцеву будову.

Отже, запам’ятайте: у клітинах прокаріотів та еукаріотів молекули ДНК завжди складаються з двох ланцюгів.

• **Властивості ДНК.** Так само як і молекули білків, молекули ДНК здатні до денатурації та ренатурації, а також деструкції. За певних умов (дія кислот, лугів, високої температури тощо) водневі зв’язки між комплементарними нітратними основами різних ланцюгів молекули ДНК розриваються. При цьому молекула ДНК повністю або частково розпадається на окремі ланцюги й відповідно втрачає свою біологічну активність. Після припинення дії негативних чинників структура молекули може відновлю-



ватися завдяки поновленню водневих зв'язків між комплементарними нуклеотидами.

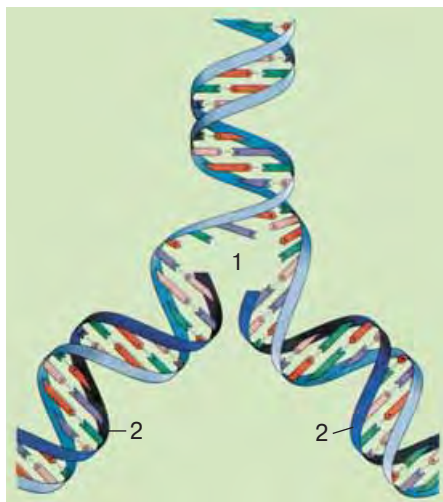
Важлива властивість молекул ДНК – їхня здатність до самоподвоєння. Це явище ще називають **реплікацією**. Воно ґрунтується на принципі комплементарності: послідовність нуклеотидів у новоствореному ланцюзі визначається їхнім розташуванням у ланцюзі материнської молекули ДНК. При цьому ланцюг материнської молекули ДНК слугує **матрицею**.

Реплікація ДНК – напівконсервативний процес, тобто дві дочірні молекули ДНК містять по одному ланцюгу, успадкованому від материнської молекули, і по одному – синтезованому заново (мал. 12.2). Завдяки цьому дочірні молекули ДНК є точною копією материнської. Це явище забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнської молекули ДНК до чірнім.

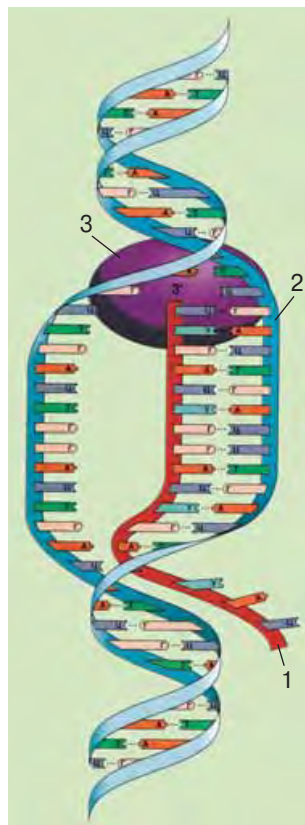
• **Функції ДНК.** Основні функції ДНК – це кодування, збереження та реалізація спадкової інформації, передача її дочірнім клітинам при розмноженні. Зокрема, окремі ланцюги молекули ДНК слугують матрицею для синтезу різних типів молекул РНК (мал. 12.3). Цей процес називається **транскрипцією**.

Одиницею спадковості всіх організмів є **ген** – ділянка молекули ДНК (у деяких вірусів – РНК), який несе спадкову інформацію про структуру певного білка або нуклеїнової кислоти. Отже, саме ДНК кодує і зберігає спадкову інформацію в організмі і забезпечує її передачу дочірнім клітинам під час поділу материнської. Функціонально ген – цілісна одиниця спадковості, бо будь-які порушення його будови змінюють закодовану в ньому інформацію або призводять до її втрати.

Гени поділяють на **структурні**, які кодують структуру білків і рибонуклеїнових кислот, та **регуляторні**, що слугують місцем приєднання ферментів та інших біологічно активних речовин. Ці



Мал. 12.2. Процес самоподвоєння молекули ДНК: за участі ферменту розширюються водневі зв'язки (1) і на кожному материнському ланцюзі за принципом комплементарності добудовується дочірній (2)



Мал. 12.3. Синтез молекули РНК (1) на одному з ланцюгів молекули ДНК (2). Ці процеси забезпечує специфічний фермент – РНК-полімераза (3)



речовини впливають на активність структурних генів і беруть участь у процесах подвоєння ДНК та переписування спадкової інформації на молекули РНК.

Сукупність генетичної інформації, закодованої в генах певної клітини або цілісного організму, має назву **геном**. Це цілісна інтегрована система, де окремі гени взаємодіють між собою.

Кількість генів у різних організмів значно коливається. Найпростіше організований геном вірусів, у якому від одного до кількох сотень структурних генів. Геном прокаріотів має складнішу будову і включає як структурні, так і регуляторні гени. З'ясовано, що в бактерії кишкової палички молекула ДНК складається з 3 800 000 пар нуклеотидів, а структурних генів у неї – близько тисячі. Встановлено також, що майже половина довжини молекули ДНК кишкової палички зовсім не несе генетичної інформації.

Геном еукаріотів має ще складнішу структуру: кількість ДНК у їхньому ядрі більша, а отже, більша й кількість структурних і регуляторних генів.

Дослідження геному різноманітних еукаріотів показало, що кількість ДНК в їхньому ядрі перевищує необхідну для кодування всіх структурних генів у багато разів. Причини цього явища різні. *По-перше*, ДНК містить чимало послідовностей, кожна з яких повторюється до сотень тисяч разів. *По-друге*, значна частина ДНК взагалі не несе генетичної інформації. *По-третє*, присутня велика кількість регуляторних генів.

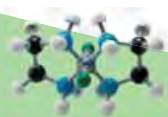
У деяких випадках неінформаційні (некодуючі) ділянки молекули ДНК можуть становити 80–90 %, тоді як ті, що кодують структуру білків чи РНК, – тільки 10–20 %. Ділянки некодуючої ДНК виявлено у складі структурних генів. Було доведено, що ген складається з окремих блоків (частин). Одні з них копіюються в іРНК і несуть інформацію про структуру певних сполук, а інші – ні.

Отже, запам'ятайте, гени еукаріотів мають мозаїчну будову: ділянки генів, які кодують спадкову інформацію, називають **екзонами**, ті, що не кодують, – **інтронами**. Окремі інтрони можуть уміщувати від 100 до 1 000 000 нуклеотидних пар і більше. Кількість інтронів у середині генів різна: у гені гемоглобіну – 2, яєчного білка – 7, білка-колагену курки – 51. Кількість і розташування інтронів специфічні для кожного гена.

Раніше вважали, що гени мають чітко визначене місце в складі молекули нуклеїнової кислоти. Але в 60-х роках ХХ ст. було виявлене переміщення фрагментів ДНК з однієї ділянки до іншої. Якщо такий фрагмент опиняється в кодуючій послідовності нуклеотидів певного гена, то цей ген втрачає свою функцію. Якщо ж такий *стрибаючий ген* опиняється поруч з іншим, то його функції можуть змінитися. Вважають, що існують генетичні програми, які зумовлюють перебудову окремих ділянок молекули ДНК.

У певних випадках самочинна перебудова молекул ДНК може мати для організму важливе значення. Наприклад, молекулярний аналіз показав, що різноманітність антитіл у ссавців і людини може бути зумовлена саме цим явищем.

Утім, ушкоджені молекули ДНК здатні відновлюватися. При цьому за



участі специфічних ферментів ушкоджені ділянки ДНК вирізаються, а на їхньому місці за допомогою іншого ферменту (ДНК-полімерази) відновлюється відповідна послідовність нуклеотидів. Ще один фермент допомагає вбудувати відновлений фрагмент у ланцюг ДНК. Цей процес дістав назву **репарація** (від лат. *reparatio* – відновлення).

Ключові терміни та поняття. Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), принцип комплементарності, гени структурні та регуляторні, екзони та інтрони.

- ▶ Молекула ДНК складається з двох ланцюгів нуклеотидів, які сполучаються між собою за допомогою водневих зв'язків. Чітка відповідність нуклеотидів у ланцюгах ДНК, між якими виникають водневі зв'язки, має назву комплементарність.
- ▶ Молекули ДНК здатні до денатурації та ренатурації, а також деструкції. Вони також здатні до реплікації – самоподвоєння.
- ▶ Основні функції ДНК – це кодування, збереження та реалізація спадкової інформації, передача її дочірнім клітинам при розмноженні.
- ▶ Гени поділяють на структурні, які кодують структуру білків і рибонуклеїнових кислот, та регуляторні, що слугують місцем приєднання ферментів та інших біологічно активних речовин.

Коротко
про
головне



Запитання для самоконтролю

1. Які особливості будови ДНК? 2. Що спільного й відмінного в будові молекул ДНК і РНК? 3. Яка просторова структура молекули ДНК? Хто її запропонував? 4. У чому полягають функції ДНК у клітині? 5. Що таке ген і геном? Які є різновиди генів? 6. Яка будова структурних генів?

Поміркуйте. Які зв'язки будуть насамперед руйнуватися при дії на молекулу ДНК різних чинників: між сусідніми нуклеотидами, що входять до складу одного ланцюга, або між комплементарними нуклеотидами різних ланцюгів? Відповідь обґрунтуйте.

§ 13. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ. ВІТАМІНИ, ГОРМОНИ, ФАКТОРИ РОСТУ



Пригадайте: які сполуки називають біологічно активними? Що таке ферменти, вітаміни і гормони, залози внутрішньої секреції? Яка їхня роль в організмі? Яка будова та функції синапсів?

• **Біологічно активні речовини** – це органічні сполуки різної хімічної природи, здатні впливати на обмін речовин та перетворення енергії в живих істотах. Одні з них регулюють процеси обміну речовин, росту й розвитку організмів, інші – слугують засобом впливу на особин свого або інших видів. До біологічно активних речовин належать ферменти, вітаміни, гормони, нейrogормони, фактори росту, фітогормони, антибіотики тощо (мал. 13.1).



• **Вітаміни** – біологічно активні низькомолекулярні органічні сполуки, які мають різну хімічну природу. Вони необхідні для забезпечення процесів життєдіяльності всіх живих організмів. Вітаміни беруть участь в обміні речовин і перетворенні енергії здебільшого як компоненти складних ферментів. Добова потреба людини у вітамінах становить міліграми, а іноді – й мікрограми.

Цей клас органічних сполук відкрив 1880 року російський лікар М. І. Лунін (1853–1937), а сам термін, який означає «необхідний для життя амін», запропонував 1912 року польський біохімік К. Функ (1884–1967), оскільки вітамін, який він досліджував (B_1), мав у своєму складі аміногрупу. Наразі відомо приблизно 20 різних вітамінів і вітаміноподібних сполук, які по-різному впливають на організми.

Вітаміни є життєво необхідними компонентами збалансованого харчування людини і тварин. Їхнє основне джерело – продукти харчування, насамперед рослинного походження. Але певні вітаміни містяться лише в продуктах тваринного походження (наприклад, вітаміни А і D). Деякі вітаміни в незначній кількості синтезуються в організмах людини і тварин з речовин-попередників – *провітамінів* (наприклад, вітамін D утворюється в шкірі людини під впливом ультрафіолетового опромінення) або симбіотичними мікроорганізмами (зокрема, у кишечнику людини симбіотичні бактерії синтезують вітаміни К, B_6 , B_{12}).

Коли ще не були відомі хімічна будова й механізм дії вітамінів, їх позначали літерами латинського алфавіту – А, В, С, D та ін. Тепер застосовують і хімічні назви (наприклад, вітамін С також називають аскорбіновою кислотою).

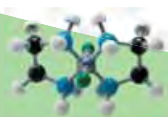
Вітаміни, залежно від того, розчиняються вони у воді або жирах, поділяють на дві групи: *водорозчинні* й *жиророзчинні*. До водорозчинних належать вітаміни груп В, С тощо, а до жиророзчинних – груп А, D, К, вітамін Е.

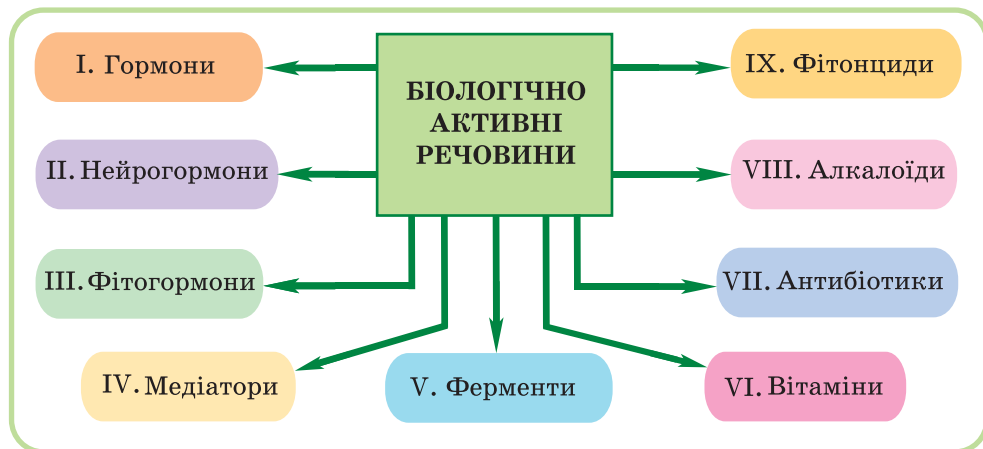
За нестачі певних вітамінів, їхньої повної відсутності, а також надлишку розвиваються небезпечні для здоров'я людини та тварин захворювання. Так, за нестачі певних вітамінів в організмі виникає *гіповітаміноз*, за їхньої повної відсутності – *авітаміноз*, а за надлишку – *гіпервітаміноз* (наприклад, надмірний вміст вітаміну А в організмі людини, який перевищує норму у 20–30 разів, спричиняє токсичний ефект). Явища гіпо- та авітамінозу можуть проявлятися і внаслідок порушення обміну речовин. Це так звана **вторинна вітамінна нестача**, пов'язана з несприйняттям організмом певних вітамінів.

Іншою групою біологічно активних речовин, які відіграють важливу роль у забезпеченні нормальної життєдіяльності організмів людини і тварин, є гормони та нейрогормони.

• **Гормони** – органічні речовини, здатні включатись у цикл біохімічних реакцій і регулювати процеси обміну речовин та перетворення енергії. Їх виробляють залози внутрішньої та змішаної секреції людини і тварин. Як ви пам'ятаєте з минулорічного курсу біології, такі залози ще називають ендокринними.

В особливих нервових (нейросекреторних) клітинах синтезуються гормоноподібні речовини – нейромедіатори (адреналін і норадреналін) та нейрогормони (окситоцин, вазопресин). **Нейрогормони** виробляють певні





Мал. 13.1. Біологічно активні речовини, які виробляють бактерії (V, VI, VIII), гриби (III, V, VI, VII), рослини (III, V, VI, VIII, IX) і тварини (I, II, IV, V, VI)

нервові клітини, вони впливають на організм так само, як і гормони. І гормони, і нейрогормони надходять у кров чи інші рідини тіла (наприклад, порожнинну рідину безхребетних тварин), які транспортують їх до різних тканин та органів. Ці біологічно активні речовини беруть участь у регуляції обміну речовин, діяльності ендокринних залоз, тону мускулатури, підтриманні гомеостазу внутрішнього середовища організму тощо.

За хімічною природою гормони та нейрогормони поділяють на три основні групи:

- білкової природи (гормон росту – соматотропін, інсулін та глюкагон);
- похідні амінокислот (адреналін, норадреналін, тироксин);
- ліпідної природи (статеві гормони та кортикостероїди).

Під контролем гормонів і нейрогормонів відбуваються всі етапи індивідуального розвитку людини і тварин, а також усі процеси їхньої життєдіяльності. Ці сполуки забезпечують пристосування до змін умов зовнішнього і внутрішнього середовища, підтримання сталості внутрішнього середовища організму, регуляцію активності ферментів. Якщо певні гормони виробляються в недостатній кількості або не виробляються взагалі, спостерігають порушення розвитку та обміну речовин організму. Надлишкове вироблення певних гормонів також негативно впливає на організм. Ви пам'ятаєте, що за недостатнього утворення в організмі дитини гормону росту розвивається карликовість, а за надлишкового – гігантизм.

Порівняно з роботою нервової системи, яка забезпечує передачу сигналів на значні відстані за короткий час, діяльність гормональної системи відрізняється меншою швидкістю, але справляє триваліший ефект.

Характерні особливості дії гормонів і нейрогормонів такі.

Дистанційність дії: гормони і нейрогормони з током крові або інших рідин можуть переміщатися від місць свого біосинтезу до клітин-мішеней, на діяльність яких вони впливають.



Висока біологічна активність: ці сполуки впливають на клітини, тканини та органи в незначних концентраціях.

Висока специфічність дії полягає в тому, що гормони та нейрогормони впливають лише на певні біохімічні процеси, які відбуваються в тих чи інших тканинах і органах. Гормони «впізнають» клітини-мішені, які мають особливі молекули-рецептори. Гормони різної хімічної природи по-різному взаємодіють з клітинами-мішенями. Стероїдні гормони можуть досить легко проникати через мембрани всередину клітини. У цитоплазмі вони утворюють комплексні сполуки з білками-рецепторами. Далі цей комплекс проникає в ядро клітини, зв'язується з молекулою ДНК та активує один чи декілька генів, що спричиняє синтез необхідних сполук (ферментів тощо).

Гормони білкової природи або похідні амінокислот зв'язуються з рецепторами, розташованими на поверхні мембран клітин-мішеней. Утворений комплекс активує особливий фермент, пов'язаний з внутрішньою поверхнею клітинної мембрани. Під впливом цього ферменту в цитоплазмі клітини запускається ланцюг біохімічних реакцій. Як наслідок може змінюватися швидкість обміну речовин, частота скорочень серцевого м'яза, напруження непосмугованих м'язів тощо. Деякі клітини мають одразу рецептори до кількох різних гормонів, тобто перебувають під множинним гормональним контролем. Крім того, у клітин різних типів є рецептори до одного й того ж гормону, що зумовлює його множинну дію.

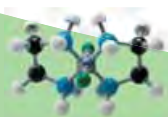
Відносно короткий час існування в організмі: декілька хвилин або годин, після чого речовина втрачає свою активність під впливом специфічного ферменту.

На відміну від нервової системи, що забезпечує передачу сигналу на значні відстані за короткий час, робота гормональної системи вирізняється меншою швидкістю, однак спричинені нею ефекти триваліші.

• **Медіатори** – фізіологічно активні речовини, які забезпечують міжклітинні взаємодії в нервовій системі. Зокрема, вони беруть участь у передачі нервового імпульсу між двома нейронами, між нейронами і м'язовими клітинами тощо. Їх виробляють нервові та рецепторні клітини. Молекули медіатора виділяються у простір синаптичної щілини. Інтенсивність їхнього виділення регулюють різні концентрації катіону Ca^{2+} . Різні медіатори можуть спричиняти різні синаптичні ефекти, наприклад прискорювати або гальмувати проходження нервового імпульсу через синапс. Роль медіаторів можуть виконувати різні сполуки: ацетилхолін, норадреналін, адреналін, серотонін тощо.

• **Фактори росту клітини** становлять собою поліпептиди з молекулярною масою $5 \cdot 10^3$ – 10^4 дальтонів. Подібно до гормонів, вони стимулюють або пригнічують поділ, диференціювання, рухливість, метаболізм, інші прояви життєдіяльності та загибель клітин. На відміну від гормонів, фактори росту продукують неспеціалізовані клітини, які можна зустріти в усіх тканинах. Ці фактори надходять у кров і потрапляють до інших клітин. Фактори росту взаємодіють з рецепторними молекулами у складі клітинних мембран.

Якщо втрачається нервово-гуморальний контроль над розвитком і ростом клітин або порушується взаємодія між різними клітинами, то це може спричинити розвиток злоякісних пухлин.





Один фактор росту може впливати на різні клітини, а різні – на одну клітину. Фактор росту, синтезований у клітині, може не виділятися назовні та впливати на її функції. Один і той самий фактор росту може по-різному впливати на клітини різних типів: наприклад, стимулювати диференціювання одних і гальмувати поділ інших.

На рівень синтезу факторів росту клітини впливають гормон росту, інсулін, статеві гормони тощо. Зокрема, інсулін та статеві гормони підвищують рівень вироблення факторів росту клітинами печінки, а глюкокортикоїди (гормони кори надниркових залоз), навпаки, його знижують.

Ключові терміни та поняття. Біологічно активні речовини, вітаміни, гормони, нейрогормони, медіатори, фактори росту.

- ▶ Біологічно активні речовини – це органічні сполуки різної хімічної природи, здатні впливати на обмін речовин та перетворення енергії в живих істотах. До біологічно активних речовин належать ферменти, вітаміни, гормони, нейрогормони, фітогормони, антибіотики тощо.
- ▶ Вітаміни – біологічно активні низькомолекулярні органічні сполуки, які беруть участь в обміні речовин і перетворенні енергії, здебільшого як компоненти складних ферментів.
- ▶ Гормони – органічні речовини, здатні включатись у цикл біохімічних реакцій і регулювати процеси обміну речовин і перетворення енергії. Їх виробляють ендокринні залози людини та тварин. Нейрогормони, які виробляють певні нервові клітини, впливають на організм так само, як і гормони.
- ▶ Медіатори – фізіологічно активні речовини, які забезпечують міжклітинні взаємодії в нервовій системі та між нейронами і клітинами інших типів. Зокрема, вони беруть участь у передачі нервового імпульсу між нейронами та між нейронами і м'язовими клітинами.
- ▶ Фактори росту – це поліпептиди, які виробляють клітини різних тканин. Подібно до гормонів, вони стимулюють або пригнічують поділ, диференціювання, рухливість, метаболізм, інші прояви життєдіяльності та загибель клітин.

**Коротко
про
головне**



**Запитання для
самоконтролю**


1. Які групи біологічно активних речовин вам відомі? 2. Що таке вітаміни? 3. Чому за нестачі чи відсутності певних вітамінів в організмі людини і тварин спостерігаються порушення обміну речовин? 4. Які основні властивості гормонів і нейрогормонів? 5. Якою може бути хімічна природа гормонів і нейрогормонів? 6. Який механізм впливу різних гормонів на клітини? 7. Що таке медіатори? Яка їхня роль в організмі?

Поміркуйте. Як можна визначити вплив на організм людини або тварини нестачі певного вітаміну?



ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН
ТА ЇХНІХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Мета: ознайомитися з лабораторними методами біохімічного аналізу.

Обладнання і матеріали: штатив з пробірками, витяжна шафа, градуйовані піпетки, крапельниці, скляні палички, водяна баня, годинник; дистильована вода, концентрована хлоридна кислота, розчин Люголя (1 г йоду та 2 г йодистого калію розчиняють у 15 мл дистильованої води і згодом розбавляють до об'єму 300 мл), соняшникова олія, етиловий спирт, бензол; водяні 10 %-ві розчини питної соди й гідроксиду натрію, а також 1 %-ві розчини купрум сульфату й крохмалю.

Завдання 1. Виявіть полісахарид крохмаль у реакції з йодом, а також моносахарид глюкозу в реакції з оксидом купруму при розщепленні крохмалю.

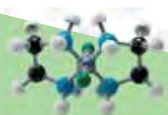
Хід роботи

1. Пронумеруйте дві пробірки й внесіть до кожної 2 мл розчину крохмалю.
2. У першу пробірку додайте 1–2 краплини розчину Люголя, перемішайте скляною паличкою, нагрійте до зникнення синьо-фіолетового забарвлення, а потім знову охолодіть до його появи.
3. У другу пробірку додайте 2–3 краплини концентрованої хлоридної кислоти, прокип'ятіть її вміст на водяній бані протягом 15 хв, після чого додайте 2 мл розчину гідроксиду натрію, 5 краплин розчину сульфату купруму й знову нагрійте суміш до кипіння.
4. Прослідкуйте за утворенням гідроксиду купруму жовтого кольору або гемоксиду купруму червоного кольору під час взаємодії глюкози, яка утворилася при розщепленні крохмалю, із сульфатом купруму.
5. Результати дослідів запишіть у зошит. Зробіть висновки.

Завдання 2. Вивчіть розчинність жирів у різних розчинниках.

Хід роботи

1. Пронумеруйте чотири пробірки й додайте в них по 0,2 мл соняшникової олії.
2. У пробірку № 1 додайте 5 мл дистильованої води, у пробірки № 2 – відповідно по 5 мл етилового спирту і бензолу.
3. Вміст усіх пробірок енергійно перемішайте. У пробірці № 1 спостерігають утворення нестійкої емульсії, з наступним швидким розподілом суміші на два шари; у пробірці № 2 – утворення каламутного розчину внаслідок недостатнього розчинення олії; розчин у пробірці № 3 майже прозорий.
4. У пробірку № 1 додайте ще 5 мл розчину соди й інтенсивно перемішайте. Спостерігайте утворення стійкої емульсії.
5. Результати дослідів запишіть у зошит. Зробіть висновки.





ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЕРМЕНТІВ



Мета: ознайомитися з дією ферментів на перебіг біохімічних реакцій.

Обладнання і матеріали: штатив з пробірками, градуйовані піпетки, крапельниці, колба, скляні палички, водяна баня, розчин Люголя, дистильована вода, стакан із льодом, 0,2 %-й водний розчин крохмалю.

Завдання 1. Вивчіть дію ферменту слини (амілази) на крохмаль.

Хід роботи

1. Сполосніть ротову порожнину 2–3 рази водою, потім прополощіть 50 мл дистильованої води протягом 3–5 хвилин, після чого зберіть утворений розчин слини в колбу.
2. Пронумеруйте дві пробірки й внесіть у них по 2 мл розчину крохмалю.
3. У пробірку № 1 додайте 0,5 мл розчину слини, який містить фермент амілазу, а в пробірку № 2 – 0,5 мл дистильованої води.
4. Пробірки № 1 і 2 після перемішування витримайте 15 хв на водяній бані при температурі $+38^{\circ}\text{C}$ (яка є оптимальною для дії амілази). Після цього додайте до їхнього вмісту 2–3 краплини розчину Люголя та збовтайте до появи синьо-фіолетового забарвлення розчину.
5. У пробірці, де була слина, спостерігають знебарвлення розчину внаслідок розщеплення крохмалю ферментом слини амілазою, а де її не було – зберігається синьо-фіолетове забарвлення.
6. Результати дослідів запишіть у зошит. Зробіть висновки.

Завдання 2. Дослідіть вплив температури на активність ферменту слини (амілази) у реакції з крохмалем.

Хід роботи

1. Пронумеруйте чотири пробірки й в усі додайте по 2 мл розчину крохмалю і по 0,5 мл розчину слини.
2. Пробірку № 1 залиште при кімнатній температурі, № 2 – витримайте на водяній бані при температурі $+38^{\circ}\text{C}$, № 3 – кип'ятіть на водяній бані, № 4 – поставте в склянку з льодом.
3. Через 10–15 хв витягніть пробірки з водяних бань та склянки з льодом. Потім у всі чотири пробірки додайте по 2–3 краплини розчину Люголя. У пробірці № 1 спостерігають утворення проміжних продуктів розщеплення крохмалю, які при реакції з йодом мають жовтий, червоний або фіолетовий колір; № 2 – містить прозорий розчин, що свідчить про повне розщеплення крохмалю амілазою за оптимальної для цього ферменту температури; № 3 і 4 – позитивна реакція на крохмаль (розчини набувають синьо-фіолетового забарвлення), оскільки амілаза стає неактивною внаслідок кип'ятіння чи охолодження.
4. Результати дослідів запишіть у зошит. Зробіть висновки.



ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЗАДАЧ
ІЗ ТРАНСКРИПЦІЇ ТА РЕПЛІКАЦІЇ

Задача 1. Дослідження показали, що 24 % загальної кількості нуклеотидів даної молекули іРНК припадає на гуанін (Г), 38 % – на урацил (У), 22 % – на цитозин (Ц) та 16 % – на аденін (А). Визначте відсотковий вміст нітратних основ молекули ДНК, на якій була синтезована дана молекула іРНК.

Приклад розв'язку.

Виходячи з принципу комплементарності, відсотковий вміст нітратних основ ланцюга ДНК, на якому була синтезована молекула іРНК, буде такий: цитозин – 22 %, аденін – 16 %, гуанін – 24 %, тимін – 38 %. Оскільки молекула ДНК складається з двох ланцюгів, то відсотковий вміст нітратних основ другого ланцюга буде такий: цитозин – 24 %, аденін – 38 %, гуанін – 22 %, тимін – 16 %. Таким чином, дволанцюгова молекула ДНК буде містити: цитозин – 23 %, аденін – 27 %, гуанін – 23 %, тимін – 27 %.

Задача 2. Один з ланцюгів молекули ДНК має такий вигляд: ГЦГ ГГТ ГГА ТАА ЦТА ГЦЦ. Який вигляд матиме другий ланцюг цієї молекули ДНК, синтезований під час її самоподвоєння?

Задача 3. Молекула іРНК складається з такої послідовності нуклеотидів: УУЦ ГАА ЦГА УУГ УЦГ ЦЦГ ГАУ. Якою буде будова молекули ДНК, на одному з ланцюгів якої була синтезована дана молекула іРНК?

Задача 4. Ланцюг молекули ДНК містить 34 % гуаніну, 26 % цитозіну, 25 % тиміну та 15 % аденіну. Яким буде відсотковий вміст нуклеотидів молекули іРНК, що була синтезована на цьому ланцюзі молекули ДНК?

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЗАДАЧ
ІЗ ТРАНСЛЯЦІЇ

Задача 5. Відомо, що молекула іРНК складається з 1535 нуклеотидів. Зі скількох амінокислот складатимуться білки, які кодуються цією молекулою іРНК, якщо відомо, що серед її триплетів є один триплет УАА та два – УГА?

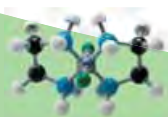
Приклад розв'язку.

Оскільки молекула іРНК складається з 1535 нуклеотидів, то кількість триплетів становитиме 511. Два нуклеотиди ніякої генетичної інформації не несуть. Також не несуть генетичної інформації триплети УАА та УГА (це так звані стоп-кодони, що сигналізують про припинення синтезу білкової молекули). Таким чином, кількість триплетів, які кодують амінокислоти, становитиме 508. Отже, синтезована молекула білка складатиметься з 508 амінокислот.

Задача 6. Скільки амінокислот кодує молекула іРНК, якщо вона синтезована на ділянці молекули ДНК, що складається з таких нуклеотидів: ААГ ТЦА ГЦА ЦТЦ ЦАА АТТ?

Приклад розв'язку.

Оскільки молекула іРНК синтезується за принципом комплементарності, то послідовність нуклеотидів, що складають молекулу іРНК, буде





така: УУЦ АЦУ ЦГУ ГАЦ ГУУ УАА. Отже, вона складатиметься з 6 триплетів, з яких останній (УАА) не кодує жодної амінокислоти.

Задача 7. Якою послідовністю нуклеотидів молекули іРНК кодується ділянка молекули білка, якщо він має таку будову: СЕРИН – ГЛІЦИН – АСПАРАГІН – ЦИСТЕЇН – СЕРИН – ЛІЗИН – ВАЛІН – АРГІНІН?

Задача 8. Якою послідовністю нуклеотидів молекули ДНК кодується ділянка молекули білка, якщо він має таку будову: ЛІЗИН – ГЛІЦИН – ЦИСТЕЇН – ГЛУТАМІН – АСПАРАГІН – ТРЕОНІН?

Задача 9. Яка послідовність амінокислот кодується такою послідовністю нуклеотидів ДНК: АГЦАТТЦЦАГТЦТГЦАТГ? Якою стане послідовність амінокислот, якщо внаслідок мутації з цієї молекули випаде перший нуклеотид?

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЗАДАЧ ІЗ РЕПАРАЦІЇ

Задача 10. Унаслідок дії шкідливого чинника зазнав змін один з ланцюгів молекули ДНК. Виявіть ділянку, яка зазнала змін, якщо неушкоджений ланцюг молекули ДНК має вигляд: ААТ АГЦ ТТА ЦЦТ АГЦ, а молекула іРНК, якби вона була синтезована на ланцюзі ДНК, що зазнав змін, мала б такий вигляд: УУА ГГЦ УАЦ ГГА УЦГ. Встановіть вигляд молекули ДНК після репарації.

Задача 11. Унаслідок дії шкідливого чинника зазнав змін один з ланцюгів молекули ДНК. Після цього молекула ДНК набула такого вигляду (першим наведено ланцюг, який не зазнав змін): АТТ ЦАТ ГГТ ЦГА
ТАЦ ТГГ ЦАА ГЦТ.

Встановіть ділянку молекули ДНК, що зазнала змін. Встановіть відсотковий уміст нуклеотидів у молекулі ДНК після порушення структури та після репарації.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ІНСТРУКЦІЯМИ З ВИКОРИСТАННЯ ОКРЕМИХ МЕДИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ, ЗАСОБІВ ПОБУТОВОЇ ХІМІЇ ТОЩО ТА ОЦІНКА ЇХНЬОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Мета: опанувати навички ознайомлення з інструкціями до медичних препаратів і засобів побутової хімії для запобігання нещасним випадкам у побуті. Розглянути та проаналізувати небезпеку, яку становлять засоби побутової хімії в разі неправильного їх використання.

Обладнання і матеріали: інструкції до найуживаніших медичних препаратів, що є в кожній домашній аптечці, інструкції до засобів побутової хімії, що містять кислоти і луги, леткі речовини.

Хід роботи

1. Об'єднайтеся в групи. Одна група вивчає інструкції до медичних препаратів, а інша – до засобів побутової хімії.



2. Підготуйте в складі своєї групи коротенький виступ за відповідною темою за таким планом:

ліки:

- найпоширеніші складові домашньої аптечки (лікарські препарати, термометр);
- речовини – складові ліків, здатні спричиняти гострі та хронічні отруєння в разі передозування або порушення терміну зберігання;
- обґрунтування необхідності дотримання рекомендацій щодо використання лікарського препарату;
- правила застосування та зберігання лікарських препаратів, перелік дій у разі пошкодження ртутного термометра;
- невідкладна допомога в разі отруєння лікарськими препаратами;

засоби побутової хімії:

- найпоширеніші засоби побутової хімії (оцет, сода, засоби для миття посуду та ванн, пральний порошок, клеї, фарби, розчинники тощо);
- основні небезпечні діючі речовини, що входять до їхнього складу (кислоти, луги, ортофосфати тощо);
- правила використання та зберігання побутової хімії;
- невідкладна допомога в разі потрапляння на тіло, в очі та дихальні шляхи хімічних речовин.

3. Зробіть узагальнюючі висновки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ОЦІНКА ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ЗА ЇХНІМ СКЛАДОМ

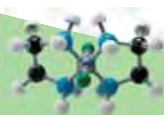
Мета: навчитися визначати наявність білків, жирів і вуглеводів, харчових домішок у харчових продуктах.

Матеріали та обладнання: хімічні колби, пробірки, лійки, спиртівка (або газова горілка), пробіркотримач, піпетка, порцелянова ступка з товкачиком, промитий пісок, марля, 10 %-й розчин NaOH, 1 %-й та 0,1 %-й розчини CuSO_4 , куряче яйце, солодке печиво, соняшникова олія, насіння соняшника, етикетки кількох харчових продуктів.

Хід роботи

Завдання I. ВИЗНАЧЕННЯ БІЛКІВ

1. Підготуйте розчин білка курячого яйця. Для цього розбийте яйце, відділіть білок від жовтка, білок залийте холодною водою. Отриманий розчин профільтруйте крізь складену в кілька шарів марлю і злийте фільтрат у колбу № 1.
2. Фільтрат з колби № 1 налейте в пробірку, заповнивши її об'єм на 25 %. До фільтрату додайте в кількості $\frac{1}{3}$ його об'єму 10 %-го розчину NaOH. Уміст пробірки збовтайте та обережно окремими краплями додавайте 1 %-й розчин CuSO_4 до появи синьо-фіалкового забарвлення, яке вказує на наявність у розчині білків.
3. Зробіть висновки.



**Завдання II. ВИЗНАЧЕННЯ ЖИРІВ**

1. Налийте кілька краплин сояшникової олії в пробірку та заповніть її водою. На поверхню води спливають краплини жиру.
2. На фільтрувальний папір нанесіть кілька краплин олії. Зверніть увагу на утворення жирних плям.
3. Розчавіть на фільтрувальному папері кілька насінин сояшника, зверніть увагу на утворення жирних плям.
4. Зробіть висновки.

Завдання III. ВИЗНАЧЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ

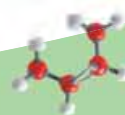
1. Зробіть екстракцію цукрів із солодошів. Для цього розітріть товкачем у порцеляновій ступці 2–3 солодких печива. Розтерте печиво залийте невеликою кількістю води. Розчин розмішайте і додайте ще води.
2. Отриманий розчин профільтруйте крізь складену в кілька шарів марлю і злийте фільтрат у колбу № 2.
3. Налийте фільтрат з колби № 2 у пробірку, заповнивши її об'єм на 25 %, додайте ще 3 мл 10 %-го розчину NaOH, 1–2 краплини 0,1 %-го розчину CuSO_4 та трохи піску (щоб рідину не викидало з пробірки при нагріванні).
4. Пробірку за допомогою пробіркотримача нагрійте на полум'ї спиртівки (або газової горілки) до кипіння, спрямовуючи отвір пробірки у бік, де немає людей. За наявності цукрів розчин набуває цегляно-червоного кольору.
5. Зробіть висновки.

Завдання IV. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ ДОМІШОК

1. Проаналізуйте зміст кількох етикеток харчових продуктів і визначте, які складові, крім білків, жирів і вуглеводів, у них зазначені.
2. Знайдіть інформацію про виявлені харчові домішки щодо їхнього хімічного складу, значення у відповідному продукті й впливу на організм людини.
3. Зробіть висновки щодо доцільності споживання продуктів із підвищеним умістом харчових домішок.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ**I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ**

1. Укажіть назву процесу відновлення природної структури білка після її порушення: а) деструкція; б) денатурація; в) ренатурація; г) біосинтез.
2. Назвіть сполуки, розчинні у воді: а) віск; б) глюкоза; в) крохмаль; г) кератин.
3. Укажіть сполуки, при розщепленні яких виділяється найбільше енергії: а) ліпіди; б) вуглеводи; в) білки; г) нуклеїнові кислоти.
4. Назвіть сполуку, яка передає спадкову інформацію з ядра до місця синтезу білків: а) ДНК; б) іРНК; в) рРНК; г) тРНК.
5. Визначте природу антитіл: а) білкова; б) ліпідна; в) вуглеводна; г) видозмінені нуклеїнові кислоти.
6. Визначте, чим зумовлена сигнальна функція білків: а) їхньою здатністю до деструкції; б) їхньою здатністю до денатурації та ренатурації; в) їхньою здатністю до утворення тимчасових комплексів з іншими сполуками; г) їхньою здатністю до розщеплення без участі кисню.



7. **Визначте, як амінокислотні залишки сполучаються в поліпептидний ланцюг:** а) завдяки водневим зв'язкам; б) завдяки ковалентним зв'язкам; в) завдяки гідрофобним взаємодіям; г) завдяки йонним взаємодіям.
8. **Укажіть, який вигляд має вторинна структура білків:** а) глобула; б) декілька сполучених між собою білкових молекул; в) спіраль; г) ланцюг амінокислотних залишків.
9. **Зазначте сполуку, до складу якої входить нуклеотид тимін:** а) іРНК; б) ДНК; в) рРНК; г) тРНК.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. **Назвіть сполуки, які належать до біополімерів:** а) глюкоза; б) іРНК; в) жири; г) ферменти.
2. **Укажіть сполуки, до складу яких входить нуклеотид з урацилом:** а) білки; б) іРНК; в) тРНК; г) ДНК.
3. **Зазначте сполуки, які в клітині виконують енергетичну функцію:** а) вода; б) вуглеводи; в) мінеральні солі; г) ліпіди.
4. **Укажіть, чим визначається активність складних ферментів:** а) їхнім розташуванням у клітині; б) кількістю амінокислотних залишків; в) їхньою просторовою структурою; г) наявністю небілкової частини.
5. **Визначте, які сполуки можуть слугувати складовою частиною складних ферментів:** а) вітаміни; б) моносахариди; в) нуклеотиди; г) йони металів.
6. **Укажіть структури, до складу яких входять білки:** а) клітинні мембрани; б) клітинні стінки рослин; в) сухожилки; г) клітинні стінки грибів.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. **Установіть відповідність між біополімерами та їхніми мономерами:**

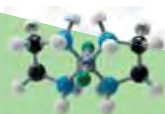
Полімери	Мономер
А Полісахариди	1 Жирні кислоти
Б Білки	2 Нуклеотиди з тиміном
В ДНК	3 Амінокислоти
Г РНК	4 Нуклеотиди з урацилом
	5 Моносахариди

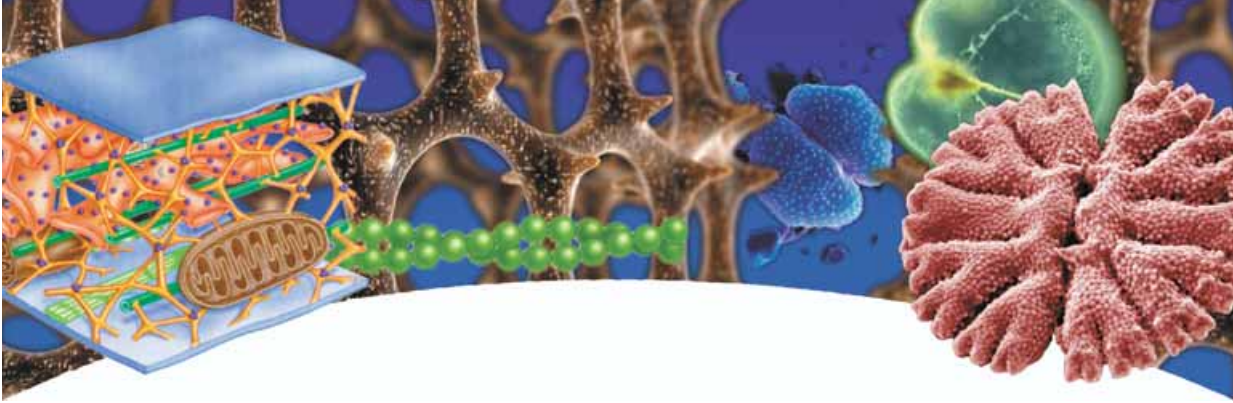
2. **Установіть відповідність між типами нуклеїнових кислот та їхніми функціями:**

Типи нуклеїнових кислот	Функції нуклеїнових кислот
А ДНК	1 Структурна: входять до складу субодиниць рибосом
Б іРНК	2 Енергетична
В тРНК	3 Кодування і зберігання спадкової інформації
Г рРНК	4 Транспорт амінокислотних залишків до місця синтезу білкової молекули
	5 Передача спадкової інформації від ядра до місця синтезу білкової молекули

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

1. **Що спільного й відмінного між процесами деструкції та денатурації?**
2. **Чому провідна роль у процесах перетворення енергії в організмах належить вуглеводам, хоча при розщепленні 1 г жирів енергії виділяється вдвічі більше?**
3. **Який зв'язок існує між структурою молекул води та її властивостями?**
4. **Чим визначається специфічність дії ферментів?**
5. **Як структура ДНК пов'язана з її властивостями і функціями в живих організмах?**
6. **Що спільного та відмінного між структурою АТФ та різних типів нуклеїнових кислот?**
7. **Чому біохімічні процеси, які відбуваються в живих організмах, потребують участі ферментів?**
8. **Які закономірності кількісного вмісту залишків нітратних основ у молекулі ДНК дали підставу для встановлення її просторової структури?**





РОЗДІЛ II. **КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ**

ТЕМА 1. ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ КЛІТИНИ. ПОВЕРХНЕВИЙ АПАРАТ. ЯДРО

- особливості клітинного рівня організації живої матерії;
- історія вивчення клітини;
- основні методи вивчення клітин;
- типи організації клітин;
- будова та функції поверхневого апарату клітин;
- будова та функції ядра.

§ 14. КЛІТИНА – ОСНОВНА СТРУКТУРНО- ФУНКЦІОНАЛЬНА ОДИНИЦЯ ОРГАНІЗМІВ. МЕТОДИ ЦИТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



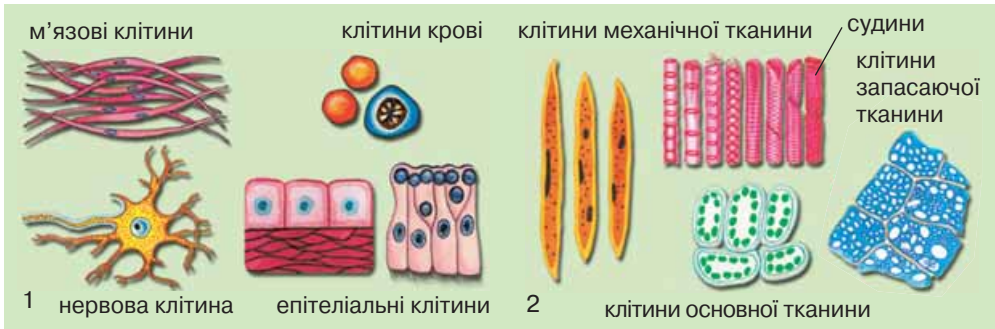
Пригадайте: що вивчає цитологія? Яка будова світлового мікроскопа та в чому полягають правила роботи з ним? Які складові клітини вам відомі? Що таке радіоактивні ізотопи?

Ви пам'ятаєте, що живі істоти складаються з клітин. Виняток становлять віруси, які більшість учених вважає неклітинною формою життя.

• **Клітина – основна структурно-функціональна одиниця всіх організмів, елементарна біологічна система.** Це означає, що на клітинному рівні організації живої матерії повністю проявляються всі основні властивості живого: обмін речовин і перетворення енергії, здатність до росту, розмноження, руху, збереження і передача спадкової інформації нащадкам тощо.

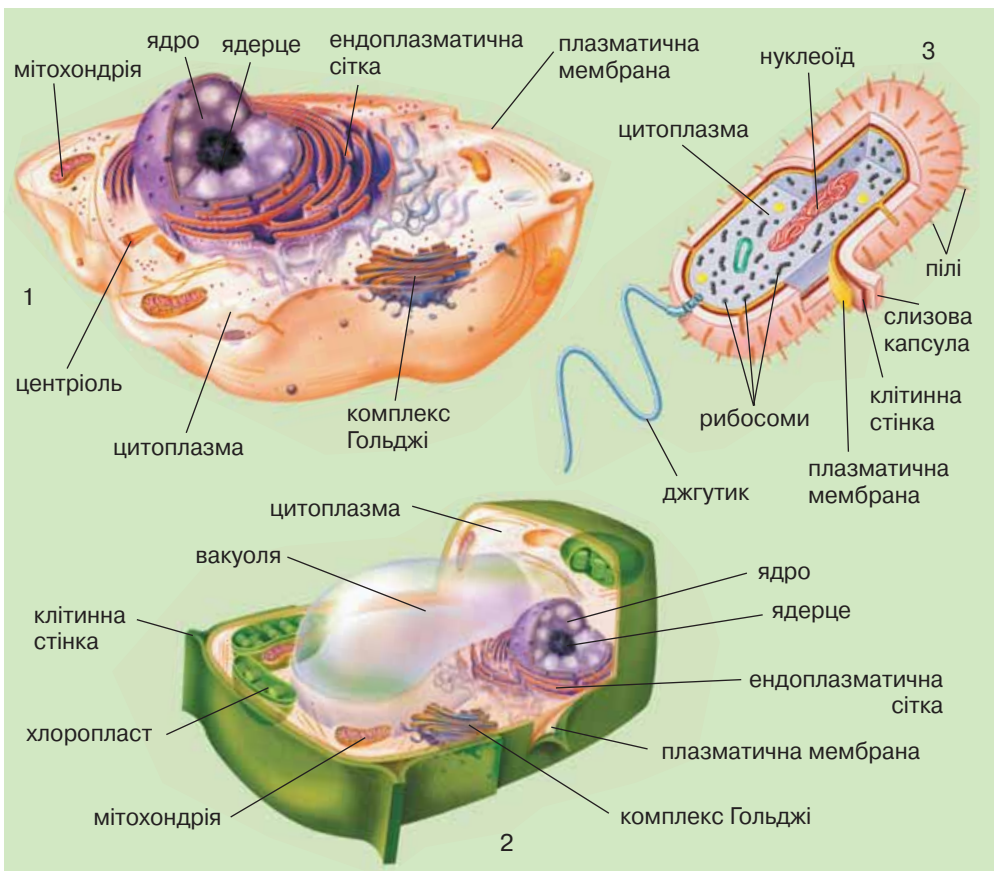
Сьогодні ми починаємо екскурсію в дивовижний світ клітини, світ, який існує в кожному з нас. Адже організм людини, як і більшості тварин, складається з кількох сотень різновидів клітин (мал. 14.1, 1). Значне різноманіття клітин притаманне також і рослинам (мал. 14.1, 2).





Мал. 14.1. Різноманітність клітин тварин (1) і рослин (2)

• **Організація клітин.** Незважаючи на багатоманітність форм, організація клітин усіх живих організмів підпорядкована єдиним закономірностям. Так, усі клітини складаються з поверхневого апарату та цитоплазми. Залежно від наявності ядра всі організми поділяють на два надцарства: Прокаріоти та Еукаріоти. Клітини прокаріотів, крім того, що не мають ядра, ще й досить просто організовані. Клітини еукаріотів – грибів,



Мал. 14.2. Будова клітин: тваринної (1); рослинної (2); бактеріальної (3)





рослин і тварин – організовані складніше і обов’язково мають ядро (розгляньте малюнок 14.2 і з’ясуйте, які складові в різних клітин подібні).

Клітини еукаріотів, хоча й організовані подібно, також мають певні відмінності. Проаналізуйте таблицю 14.1 і пригадайте основні відмінності між клітинами рослин, тварин і грибів.

Таблиця 14.1

**Основні відмінності між клітинами
рослин, тварин і грибів**

Структури клітин	Тварини	Рослини	Гриби
Клітинна стінка	Відсутня	Наявна	Наявна
Вакуолі з клітинним соком	Відсутні	Наявні	Наявні
Хлоропласти	Трапляються в окремих одноклітинних видів	Наявні	Відсутні
Псевдоподії (несправжні ніжки)	Наявні в певних типів клітин багатоклітинних та деяких одноклітинних	Відсутні	Відсутні

Внутрішній вміст кожної клітини оточує **поверхневий апарат**. До його складу входять плазматична мембрана, надмембранні та підмембранні структури. Поверхневий апарат клітини захищає її внутрішній вміст від несприятливих впливів довкілля, забезпечує обмін речовинами та енергією між клітиною і середовищем, що її оточує.

Внутрішнє середовище клітини – це **цитоплазма** (від грец. *китос* – клітина та *плазма* – виліплене). До її складу входять різні органічні та неорганічні сполуки, а також клітинні компоненти: органели та включення. Цитоплазма за допомогою внутрішньоклітинних мембран поділена на окремі функціональні ділянки.

У цитоплазмі розташований внутрішньоклітинний скелет, або **цитоскелет** (від *китос* та *скелетон* – скелет) (див. мал. 16.3). Це система білкових утворів – мікротрубочок і мікрониток, яка виконує насамперед опорну функцію. Крім того, елементи цитоскелета беруть участь у зміні форми та русі клітини, забезпечують певне розташування і переміщення органел.

Органели (від грец. *органон* – орган, інструмент) – постійні клітинні структури (ще раз погляньте на малюнок 14.2 і пригадайте, які органели клітин вам відомі з попередніх курсів біології та які їхні функції). Кожна з органел забезпечує відповідні процеси життєдіяльності клітини (живлення, рух, синтез певних сполук, зберігання і передачу спадкової інформації тощо). Одні органели обмежені однією мембраною (вакуолі, комплекс Гольджі, ендоплазматична сітка, лізосоми), інші – двома (хлоропласти, мітохондрії, ядро) або ж взагалі не мають мембранної оболонки (клітинний центр, рибосоми, мікротрубочки, мікронитки). Особливості будови тієї чи іншої органели тісно пов’язані з її функціями.

На відміну від органел, **клітинні включення** – непостійні компоненти клітини. Вони можуть зникати і знову з’являтися у процесі її життєдіяльності. Включення – це запасні сполуки чи кінцеві продукти обміну речовин.



• **Основні етапи дослідження клітин.** Ви вже знаєте, що будову та процеси життєдіяльності клітини вивчає наука **цитологія**. Той з вас, хто не полінувався прочитати «Короткий нарис з історії біології» (с. 7), згадає прізвища вчених, які зробили свій внесок у розвиток цієї науки. Простежимо хронологію основних подій у цій галузі.

1665 р.	Роберт Гук за допомогою сконструйованого власноруч мікроскопа розглянув оболонки клітин корка і запропонував термін «клітина»
1702 р.	Антоні ван Левенгук також за допомогою мікроскопів власної конструкції відкрив бактерії та одноклітинні тварини (інфузорії та ін.), описав еритроцити та сперматозоїди
1828 р.	Роберт Броун відкрив ядро в клітинах рослин, а 1833 року запропонував саму назву «ядро»
1830 р.	Ян Евангеліст Пуркіне описав ядро в яйцеклітинах курки
1838 р.	Теодор Шванн , спираючись на праці Матіаса Шлейдена , сформулював положення клітинної теорії, основні з яких: усі живі організми складаються з клітин; клітини тварин і рослин подібні за будовою та хімічним складом. Сучасні положення клітинної теорії ми розглянемо згодом
1858 р.	Рудольф Вірхов довів, що клітини виникають не з безструктурної міжклітинної речовини, як вважали раніше, а внаслідок розмноження («усяка клітина – із клітини»)
1869 р.	Фредерік Мішер уперше виділив з ядра клітини нуклеїнові кислоти
1880 р.	Вальтер Флеммінг відкрив та описав процес мітозу в клітинах личинок земноводних
1882 р.	Ілля Мечников відкрив явище фагоцитозу в лейкоцитів і пов'язав із цим захисні властивості організмів
1894 р.	Ріхард Альтман під назвою біобластів описав мітохондрії (назву «мітохондрії» 1897 року запропонував К. Бенда)
1898 р.	Камілло Гольджі описав органелу, яку згодом назвали на його честь «комплексом Гольджі»
1945 р.	Альберт Клод і Кейт Портер відкрили ендоплазматичну сітку
1949 р.	Крістіан де Дюв описав лізосоми
1952 р.	Фрітьоф Сьостранд і Джордж Пелед встановили внутрішню будову мітохондрій
1954 р.	Джордж Пелед відкрив рибосоми, а 1956 року він з'ясував призначення зернистої ендоплазматичної сітки
1956 р.	Філіпп Сікевітц і Джордж Пелед уперше виділили рибосоми з клітини
1962 р.	Маршал Ніренберг , Северо Очоа та Хар Гобінд Хорана розшифрували генетичний код





1966 р.	Джонатан Сінгер запропонував «рідинно-мозаїчну» модель будови плазматичної мембрани
1967 р.	Едвін Тейлор з'ясував роль мікротрубочок у мітотичному поділі клітини
1971 р.	Ел Сазерленд був удостоєний Нобелівської премії за дослідження механізмів транспорту речовин через плазматичні мембрани
1974 р.	Крістіан де Дюв, Альберт Клод і Джордж Пелед отримали Нобелівську премію за встановлення морфо-функціональних особливостей молекулярних структур клітини



Сучасні дослідження в галузі цитології спрямовані насамперед на вивчення найдрібніших органел і структур. Адже вдосконалені збільшувальні прилади і новітні технології відкривають нові перспективи перед дослідниками. Нині дедалі більше розвиваються дослідження в галузі клітинної інженерії, цитотехнології тощо.

• **Методи дослідження клітин.** Першим приладом, який дав змогу вивчати клітини, був світловий (оптичний) мікроскоп. Методи досліджень, які здійснюють за допомогою цього приладу, називають **світловою мікроскопією**.

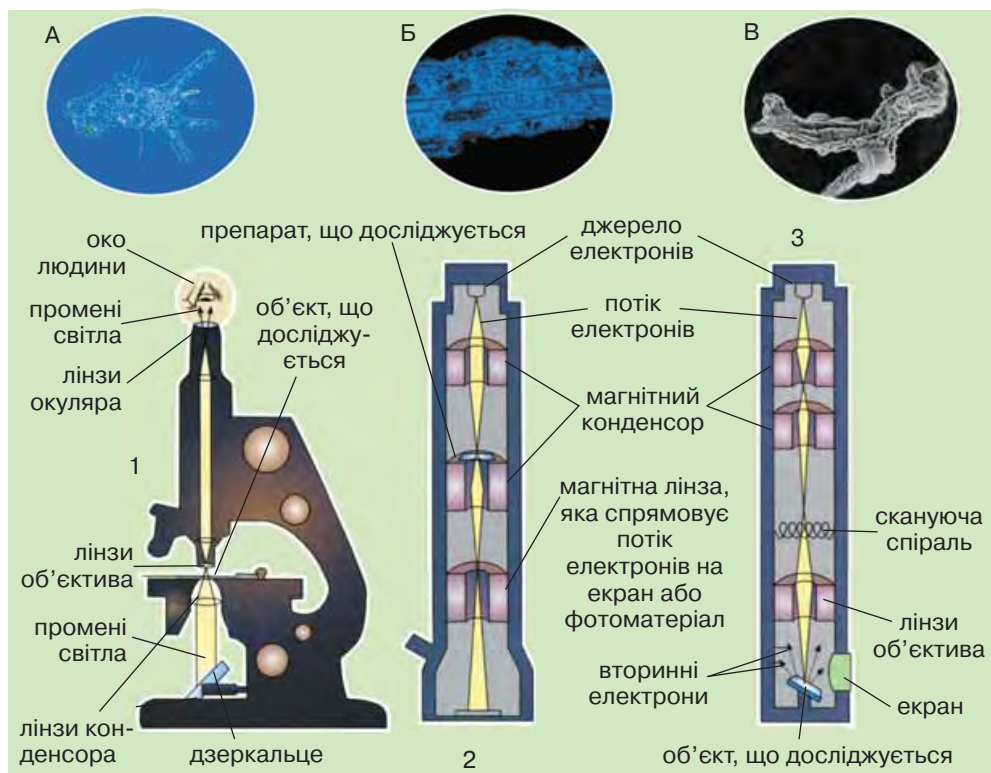
Метод світлової мікроскопії ґрунтується на тому, що через прозорий чи напівпрозорий об'єкт дослідження проходять промені світла, які згодом потрапляють до системи лінз об'єктива та окуляра (мал. 14.3, 1). Ці лінзи збільшують об'єкт дослідження, при цьому кратність збільшення можна визначити як добуток збільшень об'єктива й окуляра. Наприклад, якщо лінзи окуляра забезпечують збільшення в 10 разів, а об'єктива – в 40, то загальне збільшення об'єкта досліджень становитиме 400 разів. Сучасні світлові мікроскопи можуть забезпечувати збільшення до 2–3 тис. разів. Удосконалити свої навички роботи зі світловим мікроскопом ви зможете під час виконання лабораторної роботи № 3 (див. лабораторний практикум, с. 109).

Клітинні структури найдрібніших розмірів (цитоскелет тощо) були відкриті і вивчені за допомогою електронного мікроскопа, винайденого в першій половині XX сторіччя. Електронний мікроскоп здатний збільшувати зображення об'єктів дослідження до 500 тисяч разів і більше.

Конструкція електронного мікроскопа дещо нагадує конструкцію світлового, але замість променів світла в ньому застосовують потік електронів, які рухаються в магнітному полі (мал. 14.3, 2). Роль лінз при цьому виконують електромагніти, здатні змінювати напрямок руху електронів, збирати їх у пучок (фокусувати) й спрямовувати його на об'єкт дослідження.

Частина електронів, проходячи через об'єкт дослідження, може відхилятися, розсіюватися, поглинатися, взаємодіяти з об'єктом або проходити крізь нього без змін. Пройшовши через досліджуваний об'єкт, електрони потрапляють на люмінесцентний екран, спричиняючи його нерівномірне свічення, або на особливий фотоматеріал, за допомогою якого зображення можна фотографувати.





Мал. 14.3. Фотографії амеби, зроблені за допомогою: А – світлового мікроскопа; Б – електронного мікроскопа; В – сканувального мікроскопа. Принципи роботи світлового (1), електронного (2) та сканувального (3) мікроскопів

Поверхні клітин, окремих органел тощо можна вивчати методом **сканувальної електронної мікроскопії** (мал. 14.3, 3). При цьому потік електронів не проходить крізь об'єкт дослідження, а відбивається від його поверхні.

У живих клітинах вивчають процеси життєдіяльності (рух цитоплазми, поділ тощо). Тонкощі клітинної будови вивчають на певним чином оброблених клітинах. Для цього клітини необхідно попередньо зафіксувати особливими речовинами (спирт, формалін тощо), швидким заморожуванням або висушуванням. Окремі структури фіксованих клітин забарвлюють особливими барвниками та виготовляють мікроскопічні препарати, які можуть зберігатися тривалий час. Аби за допомогою електронного сканувального мікроскопа сфотографувати поверхні клітин чи окремих органел, їх покривають металічним пилом, наприклад золотом.

Постійно мати у своєму розпорядженні клітини різних типів дає змогу **метод культури клітин**. При цьому живі клітини утримують та розмножують на штучних поживних середовищах (наприклад, виготовлених з агару – речовини, яку добувають з червоних водоростей). Змінюючи компоненти поживного середовища, можна спостерігати, як ті чи інші сполуки впливатимуть на ріст і розмноження



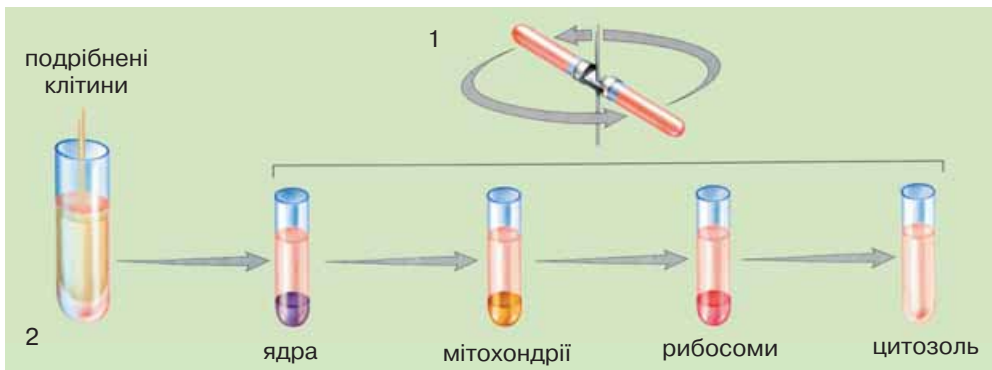


клітин, інші їхні властивості. Культури клітин використовують у медицині, ветеринарії та службі захисту рослин для перевірки впливу різноманітних хімічних препаратів, вірусів, одноклітинних організмів, отримання біологічно активних речовин (лікарських, біостимуляторів тощо).

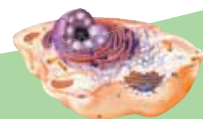
Метод мічених атомів, або *авторадіографія*, дає змогу з'ясувати місце та перебіг певних фізико-хімічних явищ у клітині. Для цього до клітини вводять речовину, в якій один з атомів певного елемента (Карбону, Фосфору тощо) заміщений його радіоактивним ізотопом. За допомогою особливих приладів, здатних виявляти ізотопи, можна прослідкувати за міграцією цих речовин у клітині, їхніми перетвореннями, виявити місце та характер тих чи інших біохімічних процесів. Наприклад, за допомогою цього методу було доведено, що під час мейотичного поділу хромосоми однієї пари обмінюються своїми ділянками.

Для вивчення різних структур клітин використовують також **метод центрифугування**. При цьому клітини попередньо подрібнюють і в особливих пробірках поміщають у центрифугу – прилад, здатний розвивати швидкі оберти. Оскільки різні клітинні структури мають неоднакову щільність, при дуже швидких обертах центрифуги вони осідають шарами: щільніші органели – швидше і тому опиняються знизу, а менш щільні – зверху (мал. 14.4). Ці шари розділяють і вивчають окремо.

• **Застосування цитологічних методів у визначенні природи (діагностиці) захворювань.** Цитологічні методи широко застосовують для діагностики різноманітних захворювань людини, свійських тварин та культурних рослин, вивчення фізіологічного стану організмів. Так, в **онкології** (наука, яка вивчає причини виникнення, розробляє засоби діагностики та лікування ракових захворювань) ці методи використовують для виявлення злоякісних і доброякісних пухлин, діагностики передракових станів і первісних стадій цих захворювань. Для цього виявляють аномальні клітини та вивчають їхню здатність до швидкого розмноження. Розроблено цитологічні методики розпізнавання захворювань крові, травної системи, нирок, легень, шкіри тощо. Наприклад, значне збільшення кількості еритроцитів свідчить про небезпечну хворобу – еритроцитоз, а лейкоцитів – про білокрів'я (лейкоз).



Мал. 14.4. Метод центрифугування: 1 – принцип роботи центрифуги; 2 – послідовні стадії осідання структур клітин залежно від їхньої маси



Ключові терміни та поняття. Цитоплазма, цитоскелет, органели, клітинні включення.

Коротко
про
головне

- ▶ Клітина – основна структурно-функціональна одиниця всіх живих організмів, елементарна біологічна система. На клітинному рівні організації повністю проявляються всі основні властивості живого: обмін речовин і перетворення енергії, здатність до росту і розмноження, руху, збереження і передача спадкової інформації нащадкам тощо.
- ▶ Клітини складаються з поверхневого апарату та цитоплазми. Поверхневий апарат оточує внутрішній вміст клітини. До його складу входять плазматична мембрана, надмембранні та підмембранні структури. Внутрішнє середовище клітини – цитоплазма. До її складу входять різні органічні та неорганічні сполуки, а також органели та включення. Органели – постійні клітинні структури, кожна з яких виконує певні функції. Клітинні включення – непостійні компоненти клітини, які можуть з'являтися та зникати в процесі життєдіяльності клітини.
- ▶ Для дослідження клітин використовують різноманітні методи: світлову та електронну мікроскопію, авторадіографію, центрифугування тощо. Клітини можна досліджувати як живими, так і в зафіксованому стані. Для того щоб постійно вивчати клітини певних типів, застосовують метод культури клітин.



Запитання для самоконтролю

1. Чому клітину вважають елементарною структурно-функціональною одиницею всіх організмів? 2. Які структури входять до складу клітин? 3. Що таке поверхневий апарат клітини та цитоплазма? 4. За допомогою яких методів вивчають клітини? 5. Які організми належать до еукаріотів, а які – до прокаріотів?

Поміркуйте. Що спільного та відмінного між клітинними включеннями та органелами? Відповідь обґрунтуйте.

§ 15. БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ КЛІТИННИХ МЕМБРАН



Пригадайте: що таке дифузія, гідрофільність і гідрофобність? Що таке імунитет, антитіла та антигени? Що таке денатурація?

• **Система мембран клітини.** Усі клітини сформовані системою **біологічних мембран** (від лат. *мембрана* – шкірка, плівка), які відіграють важливу роль у забезпеченні їхнього нормального функціонування. Так, клітини обмежені *плазматичною мембраною*, або *плазмолемою*, яка забезпечує обмін речовин із зовнішнім середовищем, а в багатоклітинних організмах – ще й взаємодію клітин між собою. Внутрішнє середовище клітини поділене внутрішньоклітинними мембранами на окремі функціональні ділянки. Така система необхідна для розміщення певних речовин (ферментів, пігментів та ін.), а також розділення просторово



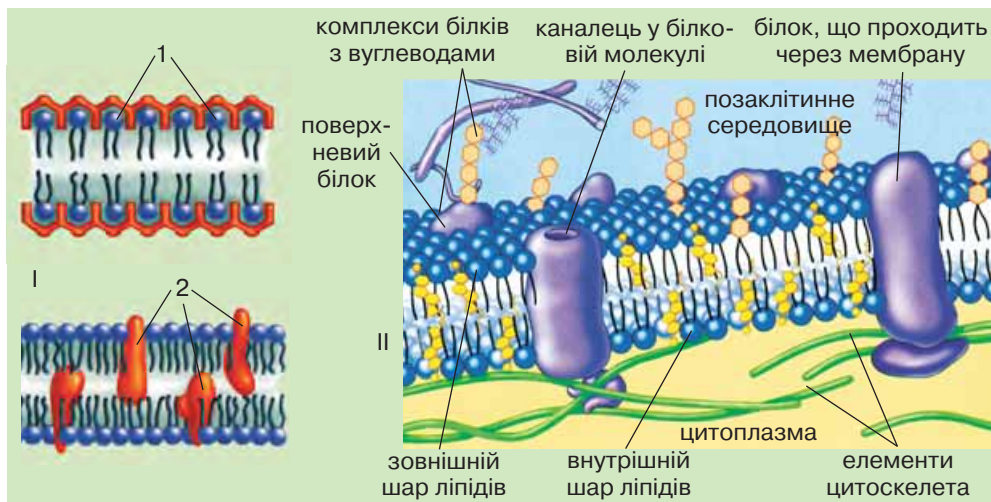


несумісних процесів обміну речовин і перетворення енергії, захисту певних ділянок клітини від дії травних ферментів тощо. У біологічних мембранах відбуваються процеси, пов'язані зі сприйняттям інформації, яка надходить з навколишнього середовища, формуванням і передачею збудження, перетворенням енергії, захистом від проникнення хвороботворних мікроорганізмів та іншими проявами життєдіяльності клітин, органів і організму в цілому.

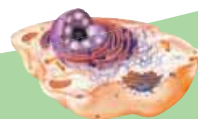
• **Будова клітинних мембран.** Усі різноманітні мембранні структури загалом мають подібний хімічний склад і особливості організації. Товщина мембран, залежно від їхнього типу, варіює в досить широких межах – від 2–3 до 10 нм.

Клітинні мембрани складаються з ліпідів, білків і вуглеводів. Молекули ліпідів розташовані у два шари: їхні гідрофільні «голівки» (ортофосфатні групи) обернені до зовнішнього та внутрішнього боку мембрани. А гідрофобні «хвости», що складаються з ланцюжків жирних кислот, обернені всередину (мал. 15.1, I, 1). Основним функціональним компонентом біологічних мембран є білки. Одні з молекул білків розташовані або на зовнішній, або на внутрішній поверхні мембран, тому їх називають *поверхневими*. З такими білками, розташованими на внутрішньому боці мембрани, пов'язані мікронитки цитоскелета. Інші молекули білків заглиблені в товщу мембрани на різну глибину, їх називають *внутрішніми*. Особливі білкові молекули перетинають мембрану наскрізь, зв'язуючи зовнішню та внутрішню її поверхні (мал. 15.1, I, 2). Вуглеводи входять до складу мембран виключно у вигляді комплексних сполук з молекулами білків або ліпідів.

Така модель будови біологічних мембран дістала назву *рідинно-мозаїчної* (мал. 15.1, II). Назва пояснюється тим, що лише приблизно 30 % ліпідів мембран міцно пов'язані з внутрішніми білками в єдині комплексні сполуки, тоді як решта ліпідів перебувають у рідкому стані. Тому білково-ліпідні комплекси наче «вкраплені» в рідку ліпідну масу, нагадуючи мозаїку. Молекули білків або їхні частини часто сполучені мікроскопічними каналцями.



Мал. 15.1. Будова плазматичної мембрани: I – схема розташування в мембрані ліпідів (1) і білків (2); II – рідинно-мозаїчна модель

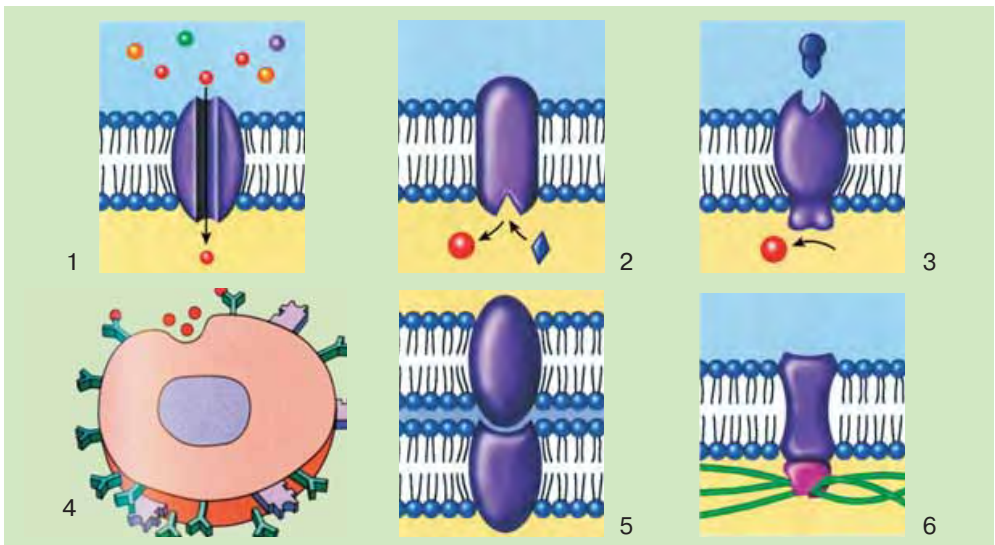


Молекули, які входять до складу мембран, здатні до переміщень. Завдяки цьому мембрани швидко поновлюються за незначних пошкоджень, оточуючи оголені ділянки цитоплазми. Плазматичні мембрани можуть легко зливатися одна з одною, розтягуватися та стискатися, наприклад під час змін форми або руху клітин. Плазматична мембрана може утворювати вирости, вгини, зморшки, мікроворсинки, які набагато збільшують поверхню клітини. Можливі й перебудови хімічного складу біологічних мембран, унаслідок чого їхні властивості також змінюються.

Клітина не витрачає багато енергії на збереження цілісності своєї мембрани, адже її молекули з'єднані за принципом, за яким утримуються разом молекули жиру, – гідрофобним частинам молекул згідно із законами термодинаміки «вигідніше» розташовуватися близько одна до одної.

• **Функції плазматичної мембрани** (мал. 15.2). Плазматична мембрана, яка оточує цитоплазму, міцна та еластична, бо визначає розміри клітини. Вона виконує насамперед **захисну функцію**: оберігає внутрішнє середовище клітини від несприятливих впливів. Зокрема, серед мембранних білків є такі, що здатні зв'язувати антигени (мікроорганізми і речовини, які клітина сприймає як чужорідні) і тим самим запобігати їхньому проникненню в клітину. Отже, плазматична мембрана є однією з ланок захисних реакцій організму.

Інша її функція – **забезпечення обміну речовин з навколишнім середовищем**. Плазматична мембрана характеризується напівпроникністю: одні сполуки можуть швидко проходити через неї, інші – повільніше або взагалі не можуть пройти через неї. Сполуки, необхідні для життєдіяль-



Мал. 15.2. Функції плазматичної мембрани: 1 – транспортна; 2 – ферментативна; 3 – рецепторна (рецепторні білки в складі плазматичної мембрани сприймають сигнали з довкілля і передають їх у клітину); 4 – захисна (антигени в складі плазматичної мембрани зв'язують антигени і запобігають їхньому проникненню в клітину); 5 – забезпечення взаємодії між клітинами; 6 – опорна (до білків мембрани прикріплюються елементи цитоскелета)





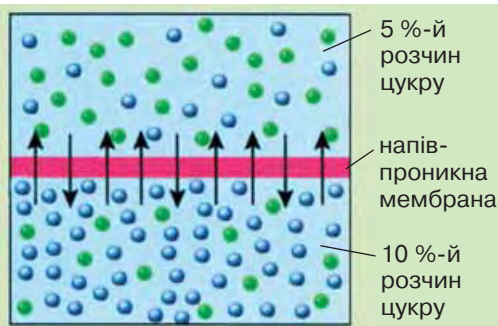
ності клітин, а також продукти обміну речовин проникають через плазматичну мембрану за допомогою пасивного чи активного транспорту.

• **Пасивний транспорт** забезпечує вибіркове проникнення речовин через мембрани. При цьому молекули переміщуються завдяки різниці концентрації речовин по обидва боки мембрани: з ділянки, де їхня концентрація висока, у ділянку, де їхня концентрація нижча. Пасивний транспорт триває доти, доки не вирівняються концентрації речовин по обидва боки мембрани. На здійснення пасивного транспорту витрачається небагато енергії або ж вона не витрачається взагалі. Існують різні механізми, що забезпечують пасивний транспорт. Зокрема, це може бути дифузія, за допомогою якої в клітину надходять вода та розчинені в ній речовини.

Пригадайте, **дифузією** (від лат. диффузіо – розлиття) називають процес, за якого молекули вільно рухаються крізь певні ділянки мембрани в напрямку меншої концентрації поза одним боком мембрани. Цей процес відбувається без витрат енергії.

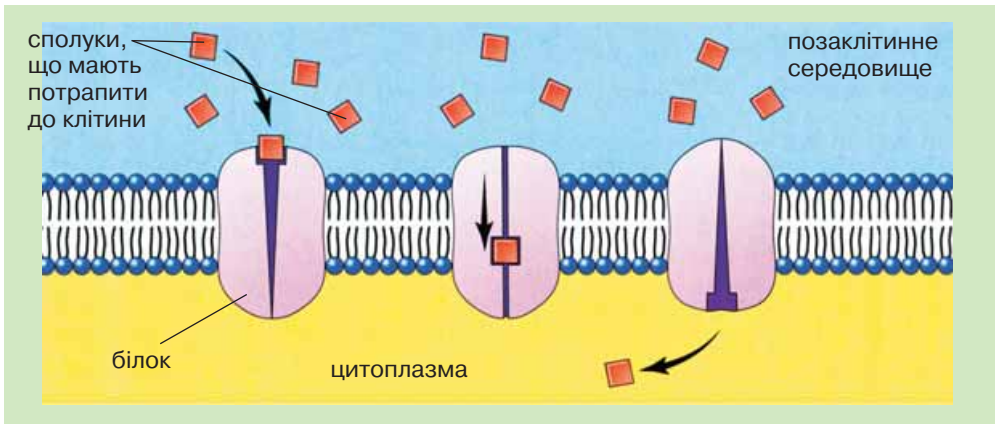
Якщо мембрана вільно пропускає молекули однієї речовини та затримує частинки іншої, то відбуватиметься одностороння дифузія лише тієї речовини, яка здатна проходити крізь мембрану. Одностороння дифузія розчинника через напівпроникну мембрану, що розділяє розчин певної речовини і чистий розчинник чи розчин більшої концентрації, дістала назву **осмос** (грец. *осмос* – поштовх, тиск). Плазматичні мембрани вільно пропускають молекули води, однак затримують деякі розчинені речовини. Тому молекули води рухатимуться в бік своєї меншої концентрації, наприклад з оточуючої прісної води всередину клітини. При цьому виникає так званий **градієнт концентрації**. Він відображає тиск чистого розчинника чи розчину меншої концентрації на мембрану (**осмотичний тиск**), що відокремлює його від більш концентрованого розчину певної речовини. **Градiєнт** (від лат. *градієнтіс* – який крокує) – це хімічна міра зростання або зменшення концентрації певної речовини (мал 15.3). Унаслідок явища осмосу концентрація речовини всередині клітини зростає доти, доки її тиск на клітинну мембрану зсередини (**тургор**) не врівноважить зовнішній осмотичний. Зокрема, тургорний тиск є причиною здатності зелених пагонів, практично позбавлених підтримуючих тканин, зберігати свою форму та просторове положення.

Полегшена дифузія – це проникнення через мембрану певних молекул за допомогою мембранних білків-переносників, які пронизують



► Мал. 15.3. Схема, що ілюструє процес дифузії через напівпроникну мембрану: різниця концентрацій цукру по обидва боки мембрани створює градієнт, унаслідок чого вода переміщується з ділянки, де її концентрація вища, туди, де вона нижча (а концентрація цукру – відповідно вища). Це триває доти, доки концентрація цукру по обидва боки мембрани не вирівняється





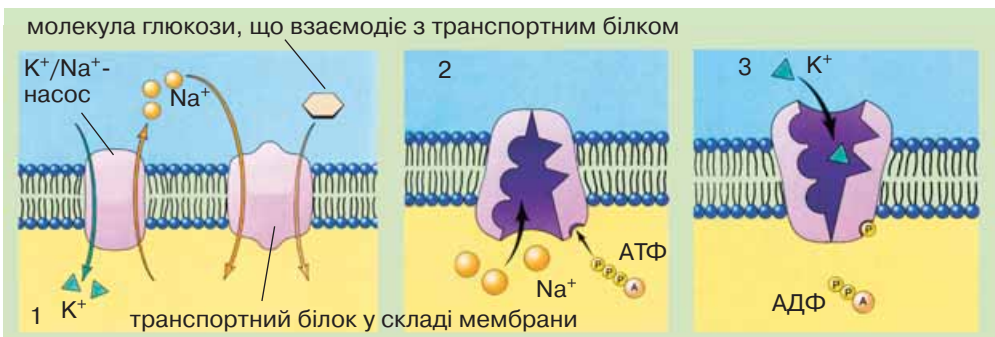
Мал. 15.4. Полегшена дифузія. Тільки після взаємодії з білком мембрани сполука надходить до цитоплазми

мембрану (мал. 15.4). Ці білки взаємодіють з певними молекулами на одній з поверхонь мембрани і внаслідок зміни своєї просторової структури транспортують їх на інший бік.

У забезпеченні пасивного транспорту беруть участь білкові рецепторні молекули плазматичної мембрани. Для різних сполук існують різні типи рецепторних молекул. Молекули сполук (наприклад, гормони чи нейрогормони), які мають надійти до клітини, спочатку взаємодіють із цими рецепторами (15.2, 5). Згодом утворюються мікроскопічні міхурці, у середині яких перебувають комплексні сполуки «речовина – рецептор», що переміщуються крізь мембрану.

• **Активний транспорт речовин** через біологічні мембрани, на відміну від пасивного, здійснюється проти *градієнта концентрації*. Він пов'язаний зі значними витратами енергії, акумульованої в молекулах АТФ.

Один з механізмів активного транспорту речовин через мембрани називають **калій-натрієвим насосом** (мал. 15.5). Він пов'язаний з тим, що концентрація йонів Калію всередині клітини вища, ніж ззовні, а йонів Натрію –



Мал. 15.5. Загальна схема, що ілюструє активний транспорт за участі калій-натрієвого насоса. 1. Калій-натрієвий насос спряжений з транспортом низькомолекулярних сполук до клітини. 2. Йони Na^+ виводяться з клітини, де їхня концентрація нижча, ніж у навколишньому середовищі. 3. Йони K^+ «закачуються» в клітину, де їхня концентрація вища, ніж у позаклітинному середовищі





навпаки. Завдяки такій різниці концентрацій унаслідок дифузії йони Натрію надходять у клітину, а Калію – виводяться з неї. Але концентрація цих йонів у живій клітині й поза нею ніколи не вирівнюється, оскільки існує особливий механізм, завдяки якому йони Натрію виходять («відкачуються») з клітини, а Калію – надходять («закачуються») до неї. Цей процес потребує витрат енергії. Існування механізму калій-натрієвого насоса доводить той факт, що у відмерлих або заморожених клітинах концентрація йонів Калію і Натрію з обох боків плазматичної мембрани швидко вирівнюється.

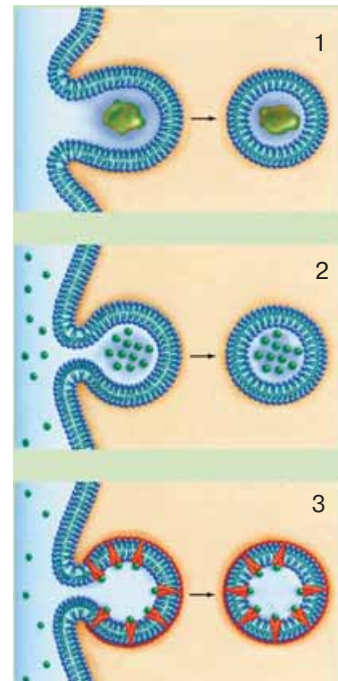
Біологічне значення калій-натрієвого насоса полягає в тому, що завдяки йому енергетично сприятливе (тобто за градієнтом концентрації) пересування йонів Натрію в клітину полегшує енергетично несприятливий (проти градієнта концентрації) транспорт низькомолекулярних сполук (глюкози, амінокислот тощо). У цих процесах беруть участь особливі транспортні білки, що входять до складу клітинних мембран.

Існує ще один механізм транспорту речовин через мембрани – **цитоз** (від грец. *китос* – клітина). Розрізняють два основні види цитозу: екзо- та ендоцитоз. **Ендоцитоз** – це процес надходження речовин до клітини. Він може відбуватися у вигляді фаго- та піноцитозу (мал. 15.6). **Фагоцитоз** (від грец. *фагос* – пожити) – це активне захоплення твердих мікроскопічних об'єктів (частинки органічних сполук, дрібних клітин та ін.). За допомогою фагоцитозу захоплюють їжу деякі одноклітинні організми (наприклад, амеби, форамініфери) та клітини багатоклітинних (наприклад, травні клітини гідри) тварин. Спеціалізовані клітини багатоклітинних тварин за допомогою фагоцитозу здійснюють захисну функцію (наприклад, макрофаги). Вони захоплюють і перетравлюють сторонні органічні частки і мікроорганізми.

Процес фагоцитозу відбувається в декілька етапів. Спочатку клітина зближується з об'єктом, який має захопити. Під час контакту плазматична мембрана клітини огортає об'єкт і проштовхує його в цитоплазму. Так утворюється вкритий мембраною пухирець (мал. 15.6, 1). До нього надходять ферменти, які перетравлюють захоплений об'єкт. Так формується **травна вакуоля**.

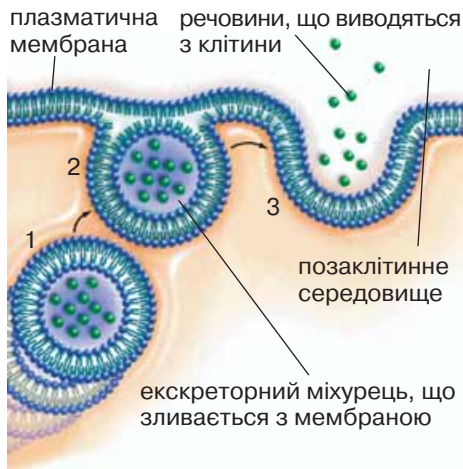
Піноцитоз (від грец. *піно* – п'ю) – процес поглинання клітиною рідини разом з розчиненими в ній сполуками. Процес піноцитозу нагадує фагоцитоз, але відбувається здебільшого за рахунок вп'ячування мембрани (мал. 15.6, 2).

Особливий різновид цитозу – **вибірковий піноцитоз** – пов'язаний з тим, що деякі розчинні молекули можуть попередньо зв'язатись їхніми рецепторними білками в складі мембрани і лише після того формується оточений білками піноцитозний міхурець, що надходить у цитоплазму (мал. 15.6, 3).



Мал. 15.6. Схематичне зображення процесів ендоцитозу: 1 – фагоцитоз; 2 – піноцитоз; 3 – вибірковий піноцитоз





Мал. 15.7. Послідовні стадії екзоцитозу (1–3)

З молекулами, що входять до складу мембрани, можуть взаємодіяти віруси. Якщо така взаємодія відбулася, – вірус проникає до клітини, якщо не відбулася, – не проникає.

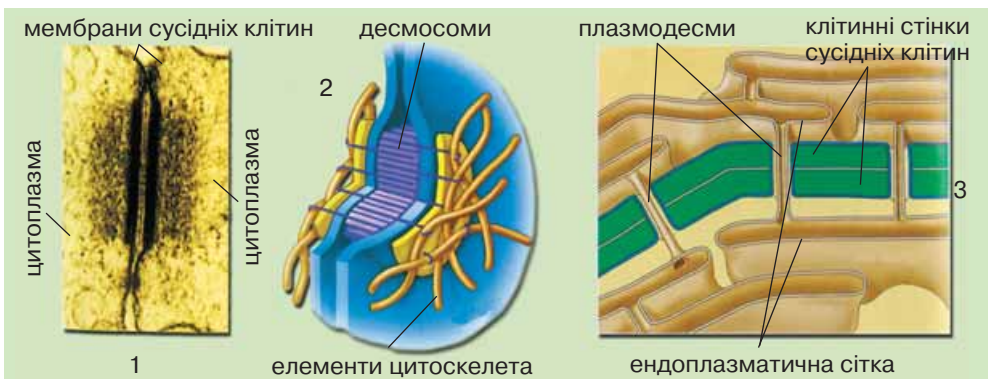
Важлива роль біологічних мембран і в *процесах взаємоперетворення різних форм енергії*: механічної (наприклад, рух джгутиків, війок), електричної (формування мембранного потенціалу та нервового імпульсу), хімічної (синтез багатих на енергію сполук). Зовнішня та внутрішня поверхні мембрани можуть бути заряджені по-різному: на одному боці присутній позитивний заряд, на іншому – негативний. Це має важливе значення для здійснення активного транспорту певних молекул і подразливості клітини.

Плазматичні мембрани *забезпечують міжклітинні контакти в багатоклітинних організмах*. Так, у місцях контакту двох тваринних клітин мембрани кожної з них здатні утворювати складки або вирости. Вони надають міжклітинному сполученню особливих міцності та пружності, щільно зв'язуючи клітини (мал. 15.8, 1). Часто міжклітинні

Шляхом цитозу сполуки не лише потрапляють до клітини, але й виводяться з неї (наприклад, гормони, нейрогормони, нейромедіатори, травні ферменти). Цей процес називають *екзоцитозом* (мал. 15.7).

Мембрани здійснюють *сигнальну функцію*. Так, у плазматичну мембрану вбудовані сигнальні білки, здатні у відповідь на дію різних факторів навколишнього середовища змінювати свою просторову структуру і внаслідок цього передавати сигнали до клітини.

Отже, особливості будови плазматичної мембрани забезпечують подразливість організмів, тобто їхню здатність сприймати подразники і певним чином на них відповідати.



Мал. 15.8. Міжклітинні контакти: 1 – тісні контакти між плазматичними мембранами двох клітин тварин; 2 – контакти між сусідніми клітинами тварин за участі десмосом; 3 – контакти між клітинами рослин





контакти забезпечують особливі структури – *десмосоми*. Найчастіше їх спостерігають в епітеліальних тканинах. При цьому мембрани двох клітин розташовані паралельно одна одній і розділені простором завширшки 30 нм, у якому міститься пластинка зі щільної речовини (мал. 15.8, 2). Клітини рослин сполучаються між собою завдяки утворенню мікроскопічних міжклітинних каналців, вистелених мембраною і заповнених цитоплазмою, – *плазмодесм* (мал. 15.8, 3).

Плазматичні мембрани також беруть участь у рості та поділі клітин.

Ключові терміни та поняття. *Рідинно-мозаїчна модель будови клітинних мембран, калій-натрієвий насос, піноцитоз, фагоцитоз.*

- ▶ Усі клітини обмежені плазматичною мембраною, яка забезпечує обмін речовин з навколишнім середовищем, а в багатоклітинних організмах – взаємодію клітин між собою.
- ▶ Внутрішнє середовище клітини поділене внутрішньоклітинними мембранами на окремі функціональні ділянки. Це необхідно для розміщення певних молекул (ферментів, пігментів та ін.), а також розділу просторово несумісних процесів обміну речовин та перетворення енергії, захисту певних ділянок клітини від дії ферментів тощо.
- ▶ Усі різноманітні мембранні структури клітин мають подібний хімічний склад та особливості організації. Клітинні мембрани складаються з ліпідів, білків і вуглеводів. Молекули ліпідів розташовані у два шари. Білки розміщені мозаїчно: одні з них перебувають на зовнішній або на внутрішній поверхнях мембран, інші – заглиблені у товщу мембрани або перетинають мембрану наскрізь. Мембранні вуглеводи утворюють комплекси з молекулами білків або ліпідів. Сучасна модель будови біологічних мембран дістала назву рідинно-мозаїчної.
- ▶ Цитоплазму оточує міцна та еластична плазматична мембрана, яка визначає розміри клітин. Вона виконує різноманітні функції: захисну, забезпечення процесів обміну речовин з навколишнім середовищем, сигнальну, транспорту речовин, контактів із сусідніми клітинами тощо.
- ▶ Різні сполуки, необхідні для життєдіяльності клітин, а також продукти обміну речовин перетинають плазматичну мембрану за допомогою механізмів пасивного чи активного транспорту. Прикладом пасивного транспорту є дифузія. Активний транспорт через біологічні мембрани пов'язаний зі значними витратами енергії і здійснюється за допомогою калій-натрієвого насоса чи цитозу. Розрізняють два основні види ендоцитозу: фаго- і піноцитоз. Завдяки фагоцитозу деякі тваринні клітини захоплюють тверді частки, піноцитозу – клітини всіх організмів поглинають розчини.

**Коротко
про
головне**





Запитання для самоконтролю

1. З яких сполук складаються біологічні мембрани?
2. Що собою становить рідинно-мозаїчна модель будови біологічних мембран?
3. Які основні функції плазматичної мембрани?
4. Як здійснюється транспорт речовин через плазматичну мембрану?
5. Що таке фагоцитоз і піноцитоз? Що спільного та відмінного між цими процесами?
6. Завдяки чому плазматична мембрана здійснює сигнальну та захисну функції?
7. Які форми мають контакти між сусідніми клітинами в багатоклітинних тварин і рослин?

Поміркуйте. Яке значення має рухливість молекул білків у біологічних мембранах для здійснення їхніх функцій?

§ 16. НАДМЕМБРАННІ І ПІДМЕМБРАННІ КОМПЛЕКСИ КЛІТИН

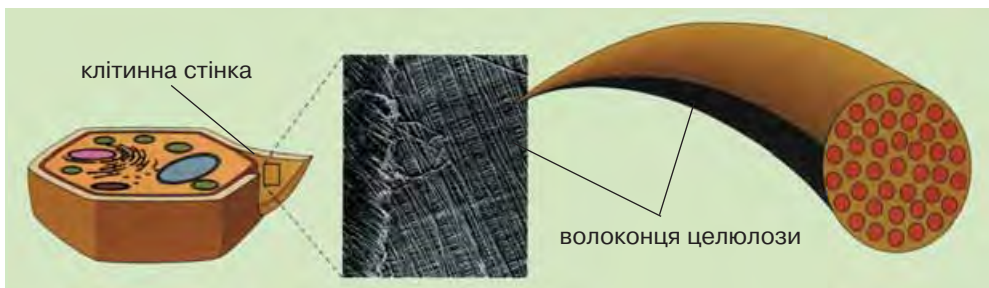


Пригадайте: які структури в клітинах можуть бути розташовані над плазматичною мембраною та під нею? Що таке антибіотики, цитоскелет? Яка будова корка та ксилеми?

• **Надмембранні комплекси клітин** складаються зі структур, розташованих над плазматичною мембраною. Зокрема, це клітинна стінка клітин рослин, грибів і прокаріотів, а також глікокалікс тваринних клітин.

Будова клітинної стінки. Ви вже знаєте, що в клітинах бактерій, грибів і рослин плазматична мембрана ззовні вкрита більш-менш щільною **клітинною стінкою**. У рослин вона включає зібрані в пучечки водонерозчинні волоконця полісахариду целюлози (мал. 16.1) та своєрідний каркас. До складу клітинної стінки рослин входять й інші полісахариди, наприклад пектин, геміцелюлоза.

Залежно від типу тканин і виконуваних ними функцій до складу клітинної стінки рослин можуть входити й інші речовини: ліпіди, білки, неорганічні сполуки (SiO_2 , карбонати та ортофосфати кальцію тощо). Наприклад, оболонки клітин корка або судин у рослин з віком просочуються жироподібною речовиною суберином. Унаслідок цього вміст клітини відмирає, що сприяє виконанню опорної або провідної функцій. Клітинні стінки здатні дерев'яніти, тобто проміжки між волокнами целюлози заповнює полісахарид лігнін, який надає стінкам додаткової міцності.

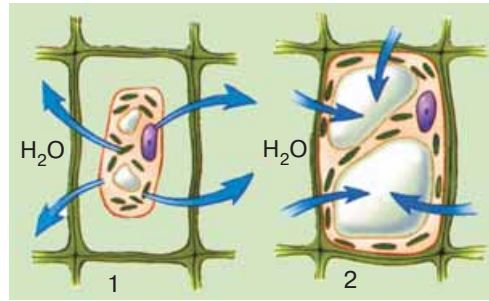


Мал. 16.1. Клітинна стінка рослинної клітини





► Мал. 16.2. 1. Явище плазмолізу: за умов високої концентрації солей у позаклітинному середовищі вода залишає клітину, внутрішньоклітинний тиск зменшується і цитоплазма відшаровується від клітинної стінки. 2. Явище деплазмолізу: за умов низької концентрації солей у позаклітинному середовищі вода надходить до клітини і внутрішньоклітинний тиск зростає



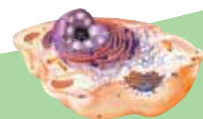
У різних груп грибів основу клітинної стінки також складають полісахариди. Крім целюлози, це може бути нітрогеновмісний полісахарид **хітин**, який підвищує міцність (*пригадайте тварин, до складу зовнішнього скелета яких входить ця речовина*), глікоген тощо. До складу клітинних стінок деяких грибів можуть входити темні пігменти (**меланіни**) та інші сполуки. Будову клітинних стінок прокаріотів ви опануєте згодом.

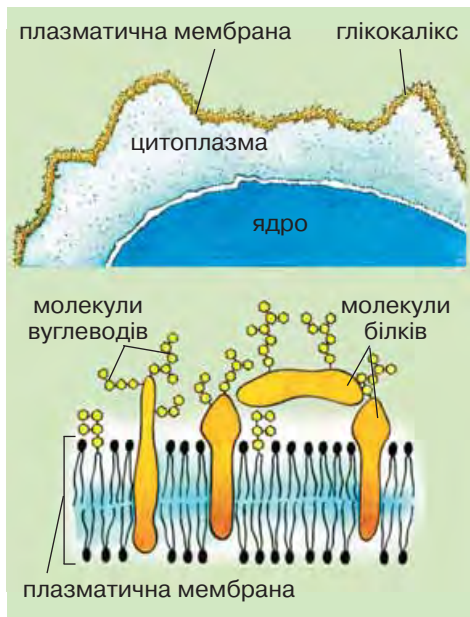
• **Функції клітинної стінки.** Основна функція клітинної стінки – **опорна**, для підтримання форми клітини. Інші функції – **захисна**: охорона внутрішнього вмісту клітини від механічних ушкоджень і **транспортна**: переміщення води та інших сполук у клітину та за її межі.

Проникність клітинних стінок рослин проявляється в явищах плазмолізу і деплазмолізу (мал. 16.2). Наприклад, якщо клітину рослин помістити в розчин з концентрацією солей вищою, ніж у цитоплазмі, то вода виходитиме з клітини назовні. Це спричиняє явище **плазмолізу** (від грец. *плазма* – виліплення, утворення та *лізіс* – розчинення) – відшарування пристінкового шару цитоплазми від клітинної стінки (мал. 16.2, 1). Якщо ж клітину внести в розчин солей з нижчою концентрацією, ніж у її цитоплазмі, то спостерігають зворотний процес: вода надходитиме в клітину, унаслідок чого зростатиме внутрішньоклітинний тиск. Цей процес називають **деплазмолізом** (від лат. *de* – префікс, що означає відміну) (мал. 16.2, 2). Поспостерігати за явищами плазмолізу і деплазмолізу учні, які опановують біологію на академічному рівні навчання, зможуть самостійно, виконавши лабораторну роботу № 4 (*див. лабораторний практикум на с. 109*).

Клітинна стінка має багато дрібних отворів – пор, які сполучаються з подібними утворами сусідніх клітин. Через них вміст однієї клітини з'єднується з вмістом сусідніх за допомогою цитоплазматичних тяжів – плазмодесм (*див. мал. 15.8, 3*). Як ви пам'ятаєте, плазмодесми розташовані в каналцях, що проходять через оболонки клітин і вистелені плазматичною мембраною. Діаметр пор становить 30–60 нм. По осі каналця проходить циліндрична трубочка меншого діаметра, сполучена з ендоплазматичною сіткою обох клітин. Вважають, що плазмодесми слугують для транспорту речовин безпосередньо з клітини в клітину.

• **Глікокалікс.** Клітини тварин твердої клітинної стінки не мають; над їхньою плазматичною мембраною розташований **глікокалікс** (від лат.





Мал. 16.3. Схема будови глікокаліксу

глікіс – солодкий і *калліум* – товста шкіра) (мал. 16.3). Цей поверхневий шар кілька десятків нанометрів завтовшки, складається зі сполук білків та ліпідів з вуглеводами.

Глікокалікс забезпечує безпосередній зв'язок клітин з навколишнім середовищем. До його складу входять рецепторні молекули, здатні сприймати подразники довкілля. Він бере участь у вибіркового транспорту речовин (пропускає чи не пропускає) молекули залежно від їхніх розмірів, заряду тощо. Завдяки наявності ферментів глікокалікс може брати участь у примембранному травленні – розщепленні сполук, які розташовані поблизу поверхні клітини, поза нею. Крім того, глікокалікс забезпечує зв'язок між клітинами в багатоклітинних тварин.

• **Підмембранні комплекси клітин.** До них належать різноманітні структури білкової природи: мікронитки (мікрофіламенти) і мікротрубочки, які утворюють *цитоскелет* (мал. 16.4, 1). Цитоскелет виконує опорну функцію, а також сполучає всі компоненти клітини: її поверхневий апарат, структури цитоплазми, ядро. Елементи цитоскелета сприяють закріпленню органел у певному положенні і їхньому переміщенню в клітині.

Мікронитки, або **мікрофіламенти**, – тонкі ниткоподібні структури, діаметром 4–7 нм, які складаються зі скоротливих білків, переважно актину (мал. 16.4, 3). Вони пронизують цитоплазму і можуть утворювати плетиво під плазматичною мембраною. Пучки мікрониток прикріпле-



Мал. 16.4. Схема будови цитоскелета (1), мікротрубочок (2) і мікрониток (3)



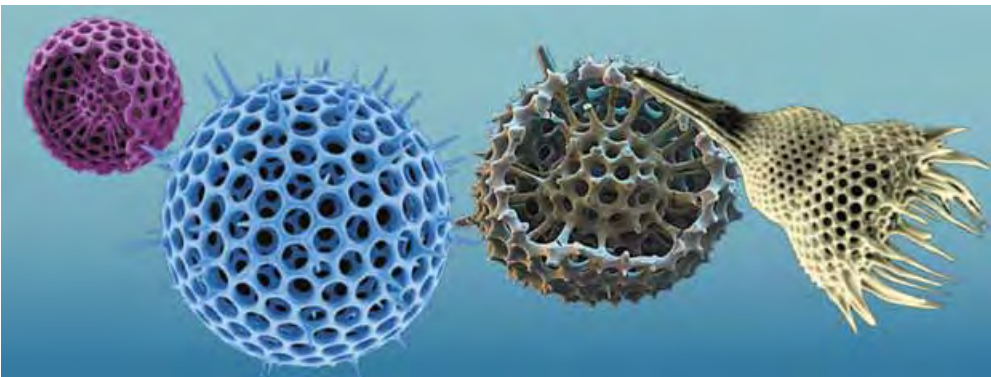


ні одним кінцем до певної структури (наприклад, плазматичної мембрани), а другим – до іншої (органели тощо). Мікрофіламенти беруть участь у зміні форми клітини, наприклад під час амебоїдного руху, процесах надходження в клітину та виведенні з неї різних сполук. За поділу деяких тваринних клітин вони утворюють особливе скоротливе кільце, яке розділяє цитоплазми дочірніх клітин.

Мікротрубочки – порожнисті циліндричні структури діаметром 10–25 нм, що утворені переважно білком тубуліном (мал. 16.4, 2). Вони беруть участь у формуванні веретена поділу еукаріотичних клітин, входять до складу війок, джгутиків тощо. Мікротрубочки забезпечують переміщення органел і макромолекул по клітині. При цьому пучки мікротрубочок одним кінцем прикріплюються до однієї структури чи молекули, а другим – до іншої.

У деяких одноклітинних тварин структура цитоскелета ускладнена. Наприклад, у радіолярій куляста капсула з органічної речовини поділяє цитоплазму на внутрішню та зовнішню частини. У зовнішній частині містяться жирові включення. Вони зменшують густину вмісту клітини і забезпечують перебування цих організмів у товщі води. У внутрішній частині цитоплазми міститься ядро та багато інших органел. Крім того, у цитоплазмі містяться внутрішньоклітинний скелет з неорганічних речовин – SiO_2 або SrSO_4 . Вони можуть мати вигляд дірчастих куль, укладених одна в одну, корон, радіально розташованих голок тощо (мал. 16.5). До них прикріплені мікронитки, які іншим кінцем зв'язані з плазматичною мембраною та здатні до скорочення. Ці мікронитки регулюють щільність тіла тварини; під час шторму радіолярії опускаються вглиб, за спокійної погоди – живляться іншими одноклітинними, зокрема водоростями, поблизу поверхні.

У клітинах багатьох одноклітинних тварин (інфузорії, евглени тощо) до підмембранних комплексів належить **пелікула** (від лат. *pellis* – шкіра). Вона складається із структур, розташованих в ущільненому зовнішньому шарі цитоплазми. Так, в інфузорій до складу пелікули входять сплюснені мішечки з органічної речовини, які разом утворюють мозаїчну структуру. Усередині таких мішечків можуть міститися додаткові опорні комплекси з білків або просочених карбонатом кальцію полісахаридних пластинок. Пелікула надає міцності оболонці клітини, забезпечуючи відносну сталість її форми.



Мал. 16.5. Внутрішньоклітинні скелети радіолярій



Важливими функціями підмембранного комплексу клітин є забезпечення цитозу, рухів (утворення псевдоподій) тощо. При цьому мікротрубочки і мікронитки подовжуються чи вкорочуються.

Ключові терміни та поняття. Плазмоліз, деплазмоліз, глікокалікс, мікрофіламенти, мікротрубочки, пелікула.

**Коротко
про
головне**

► Над плазматичною мембраною розташований поверхневий апарат. У клітинах грибів і рослин плазматична мембрана ззовні вкрита більш-менш щільною клітинною стінкою. У рослин вона обов'язково включає пучки волоконця полісахариду целюлози, заглиблені в основу – матрикс, що утворений іншими полісахаридами.

Крім того, до складу клітинної стінки окремих видів рослин можуть входити також ліпіди, білки, різноманітні неорганічні сполуки. У грибів основу клітинної стінки складають різноманітні полісахариди: целюлоза, нітрогеновмісний полісахарид хітин, глікоген тощо.

► Клітинна стінка захищає внутрішній вміст клітини та підтримує її форму. Через неї здійснюється транспорт води та інших сполук. Ця стінка має багато отворів – пор, через які проходять цитоплазматичні містки до сусідніх клітин.

► Надмембранні комплекси тваринних клітин представлені глікокаліксом. Цей тоненький шар (у декілька десятків нанометрів завтовшки) складається зі сполук білків і ліпідів з вуглеводами. Глікокалікс забезпечує зв'язок клітини з навколишнім середовищем, через нього клітина сприймає подразники довкілля. Завдяки наявності ферментів, глікокалікс може брати участь у позаклітинному травленні. Крім того, він забезпечує зв'язок між клітинами у багатоклітинних тварин.

► До підмембранних комплексів клітин належить цитоскелет, утворений з білкових структур – мікрониток (мікрофіламентів) і мікротрубочок, які виконують опорну функцію. Елементи цитоскелета сприяють закріпленню в певному положенні органел і їхньому переміщенню в клітині.

У клітинах багатьох одноклітинних тварин до підмембранних комплексів належить пелікула, яка складається з особливих структур, розташованих в ущільненому зовнішньому шарі цитоплазми. Пелікула надає міцності оболонці клітини, забезпечуючи відносну сталість її форми.



**Запитання для
самоконтролю**

1. Що таке клітинна стінка? Які її функції? 2. Які особливості будови клітинної стінки в рослин і грибів? 3. Що таке плазмоліз і деплазмоліз? 4. Що таке глікокалікс? Які його функції? 5. Що таке цитоскелет? Які його функції? 6. Що таке пелікула? Яке її значення в клітинах одноклітинних тварин?



Поміркуйте. 1. Що спільного та відмінного в будові та функціях клітинної стінки та глікокаліксу? 2. Одноклітинна водорість хламідомонада і представник одноклітинних тварин – евглена зелена – мають багато спільних особливостей будови клітини і процесів життєдіяльності. Які саме ознаки дають змогу віднести хламідомонаду до царства Рослини, а евглену зелену – до царства Тварини?

§ 17. БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ ЯДРА КЛІТИН ЕУКАРІОТІВ. НУКЛЕОІД ПРОКАРІОТІВ



Пригадайте: які функції ядра? Що таке ген, мутації? Які будова і функції нуклеїнових кислот? Що вивчає наука систематика? Які білки називають глобулярними, а які – фібрилярними?

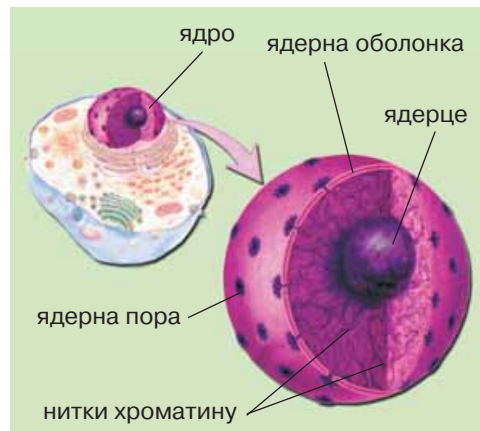
• **Ядерні та без'ядерні клітини еукаріотів.** Вам уже відомо, що ядро – обов'язкова складова будь-якої еукаріотичної клітини, в якій зберігається спадкова інформація. Ядро регулює процеси життєдіяльності клітин. Лише деякі типи клітин еукаріотів позбавлені ядра. Це, зокрема, тромбоцити та еритроцити більшості ссавців, ситоподібні трубки вищих рослин. У таких клітинах ядро формується на початкових етапах розвитку, а потім руйнується. Втрата ядра супроводжується нездатністю клітини до розмноження (поділу).

У багатьох клітин є лише одне ядро, але є клітини, які містять декілька або багато ядер (інфузорії, форамініфери, деякі водорості, гриби, посмуговані м'язові волокна тощо).

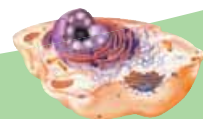
Навіщо певним типам клітин потрібне не одне ядро, а кілька чи багато? Річ у тім, що кожному типу клітин властиве певне стале співвідношення між об'ємами ядра та цитоплазми (**ядерно-цитоплазматичне співвідношення**). Адже ядро певного об'єму може забезпечувати процеси біосинтезу білків лише у відповідному об'ємі цитоплазми. Тому в клітинах великих розмірів або з посиленою інтенсивністю обміну речовин часто від двох до кількох тисяч ядер.

• **Будова ядра.** Форма ядра достатньо різноманітна. Найчастіше воно кулясте або еліпсоподібне, рідше – неправильної форми (наприклад, у деяких типів лейкоцитів ядра мають відростки). Розміри ядер варіюють від 1 мкм (деякі одноклітинні тварини, водорості) до 1 мм (яйцеклітини деяких риб і земноводних).

Ядро складається з поверхневого апарату і внутрішнього середовища (матриксу) (мал. 17.1). **Поверхневий апарат ядра** утворений двома мембранами – зовнішньою та внутрішньою, між якими є заповнений



Мал. 17.1. Будова ядра





Мал. 17.2. Поверхневий апарат ядра: 1 – мікрофотографія, зроблена за допомогою сканувального електронного мікроскопа (помітні ядерні пори); 2 – схема будови

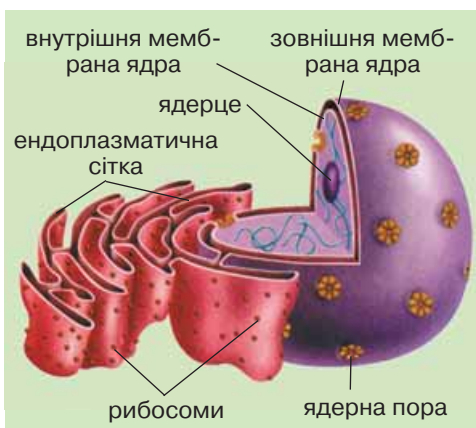
рідиною щілиноподібний простір від 20 до 60 нм завширшки. Але в деяких місцях зовнішня мембрана сполучена з внутрішньою навколо мікроскопічних отворів – *ядерних пор* (мал. 17.2) діаметром близько 100 нм.

Отвір пори заповнений особливими глобулярними (кулястими) чи фібрилярними (нитчастими) білковими структурами. Зокрема, до складу цього комплексу входить білок-рецептор, здатний реагувати на речовини, які проходять через пору. Сукупність пор та цих білків називають **комплексом ядерної пори**.

Поверхневий апарат ядра забезпечує регуляцію транспорту речовин, які проходять через нього. Із цитоплазми всередину ядра надходять синтезовані в ній білки. Натомість з ядра до цитоплазми транспортуються різні типи молекул РНК. Комплекс ядерної пори забезпечує транспорт цих сполук, здійснює їхнє впізнавання та сортування.

Поверхневий апарат ядра функціонально контактує з мембранами ендоплазматичної сітки (мал. 17.3). На поверхні зовнішньої ядерної мембрани може бути розташована велика кількість рибосом.

Ядерний матрикс – внутрішнє середовище ядра – складається з ядерного соку, ядерець і ниток хроматину. **Хроматин** (від грец. *хроматос* – фарба) – ниткоподібні структури ядра, утворені здебільшого з білків та нуклеїнових кислот (мал. 17.4). Ділянки хроматину неоднорідні. Ті з них, що постійно перебувають в ущільненому стані, називають **гетерохроматином**. Вони добре забарвлюються різними барвниками і в період між поділами



Мал. 17.3. Функціональний зв'язок ядра з іншими мембранними органелами





клітини помітні у світловий мікроскоп. Незабарвлені, менш ущільнені ділянки мають назву **еухроматин**. Вважають, що саме в них розміщена основна кількість генів. Під час поділу клітини нитки хроматину ущільнюються і з них формуються компактні тільця – **хромосоми** (від грец. *хроматос* і *сома* – тільце) (мал. 17.4).

Ядерний сік (каріоплазма, або нуклеоплазма) за будовою та властивостями нагадує цитоплазму. У каріоплазмі є білкові фібрили (нитки) завтовшки 2–3 нм. Вони утворюють особливий внутрішній скелет ядра, що сполучає різні структури: ядерця, нитки хроматину, ядерні пори тощо. Білки матриксу забезпечують певне просторове розташування хромосом, а також впливають на їхню активність.

Ядерця – щільні структури, які складаються з комплексів РНК з білками, хроматину і гранул, які слугують попередниками складових рибосом (див. мал. 17.1). У ядрі може бути від одного до багатьох ядерців (наприклад, у яйцеклітинах риб), які формуються на особливих ділянках хромосом. Під час поділу клітини ядерця так само, як і ядерна оболонка, зникають, а в період між двома поділами – формуються знову. Функції ядерця полягають в утворенні рРНК і складових рибосом, які згодом виходять у цитоплазму.

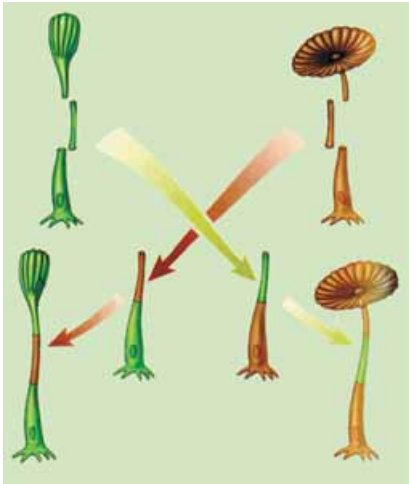
• **Функції ядра.** Ви вже знаєте, що ядро зберігає спадкову інформацію і забезпечує її передачу від материнської клітини дочірнім. Крім того, воно є своєрідним центром керування процесами життєдіяльності клітини, зокрема регулює процеси біосинтезу білків. Так, у ядрі з молекул ДНК на молекули іРНК переписується інформація про структуру білків. Згодом ця інформація передається до місця їхнього синтезу на мембранах зернистої ендоплазматичної сітки. В ядрі за участі ядерців утворюються складові рибосом, які беруть безпосередню участь у біосинтезі білків. Таким чином, завдяки реалізації спадкової інформації, закодованої в молекулі ДНК, ядро регулює біохімічні, фізіологічні і морфологічні процеси, які відбуваються в клітині.

Провідну роль ядра в передачі спадкової інформації можна проілюструвати за допомогою дослідів на зелених одноклітинних водоростях – **ацетабуляріях**, які своєю формою дещо нагадують шапковий гриб (мал. 17.5). Клітина має високу «ніжку», в основі якої розташоване ядро, а на верхівці – диск у вигляді шапки. Види ацетабулярій різняться за формою «шапки». Експериментально зрощували центральну частину «ніжки» одного виду ацетабулярій, позбавлену



Мал. 17.4. 1. Хромосоми людини (фотографію зроблено за допомогою сканувального мікроскопа). 2. Різні стани хроматину





Мал. 17.5. Дослід з ацетабулярією

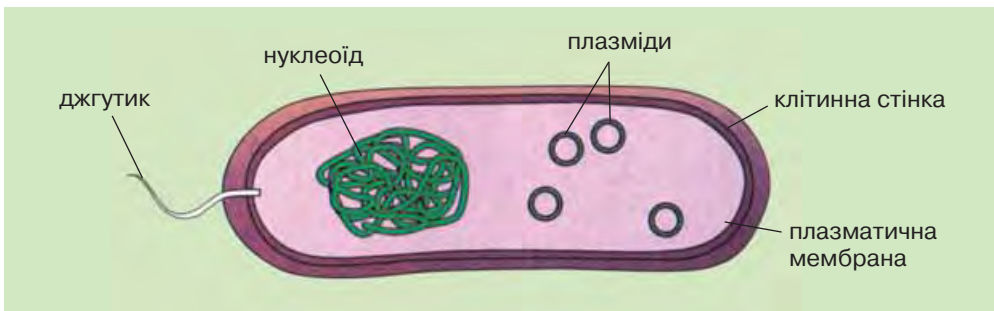
«шапки», з нижньою частиною «ніжки» іншого, де розташоване ядро. У такого штучно створеного організму формувалася «шапка», притаманна тому виду водорості, якому належала частина ніжки з ядром, а не тому, якому належала середня без'ядерна її частина (мал. 17.5). Такі самі результати отримані і внаслідок дослідів на клітинах тварин. Наприклад, з яйцеклітини жаби видаляли ядро і замість нього пересаджували ядро із заплідненої яйцеклітини тритона. Унаслідок цього розвивався зародок тритона, а не жаби. Наведені приклади є результатами досліджень у галузі клітинної технології (цитотехнології).

У деяких одноклітинних тварин, як-от інфузорій та форамініфер, є ядра двох типів: **генеративні** та **вегетативні**. Ядра першого типу забезпечують зберігання та передачу спадкової інформації, другого – регулюють процеси біосинтезу білків.

Спадкова інформація, яка зберігається в ядрі, може змінюватись унаслідок **мутацій** (від лат. мутаціо – зміна). Це стійкі зміни генетичного матеріалу, що виникають раптово і можуть призводити до змін тих чи інших спадкових ознак організму. Мутації забезпечують спадкову мінливість організмів, без якої була б неможлива еволюція організмів – мешканців нашої планети. Нагадаємо, що **еволюція** (від лат. еволютіо – розгортання) – процес необоротних змін будови та функцій живих істот протягом їхнього історичного існування. Основним наслідком еволюційного процесу є пристосованість організмів до умов проживання.

• **Спадковий матеріал прокаріотів.** Ми вже згадували, що клітини прокаріотів не мають сформованого ядра. Їхній спадковий матеріал не відокремлений від цитоплазми плазматичною мембраною та представлений кільцеподібною молекулою ДНК.

У прокаріотів ДНК не пов'язана з ядерними білками. Отже, типові хромосоми, які в клітинах еукаріотів розташовані в ядрі, у прокаріотів відсутні. Ділянка цитоплазми, в якій розташований спадковий матеріал прокаріотів, має назву **ядерна зона**, або **нуклеоїд** (мал. 17.6).



Мал. 17.6. Спадковий матеріал бактеріальної клітини





У цитоплазмі багатьох клітин бактерій, крім нуклеоїду, є кільцеві молекули ДНК – **плазміди** (від грец. *плазма* – виліплене, оформлене) (мал. 17.6). Вони дістали назву позахромосомних факторів спадковості. Від набору плазмід залежить здатність прокаріотів пристосовуватися до змін навколишнього середовища. Наприклад, від наявності чи відсутності певних генів у складі плазмід залежить стійкість до певних антибіотиків. Плазміди знайдені також у клітинах еукаріотів. Це кільцеві молекули ДНК у двомембранних органелах – мітохондріях і пластидах.

Ключові терміни та поняття. Ядро, ядерце, хроматин, хромосоми, нуклеоїд, плазміди.

- ▶ Ядро – обов’язкова складова будь-якої еукаріотичної клітини, в якій зберігається спадкова інформація. Лише деякі типи клітин еукаріотів втрачають ядро в процесі свого розвитку, наприклад еритроцити ссавців чи ситоподібні трубки рослин. У багатьох клітин є лише одне ядро, але є клітини, які містять кілька або багато ядер.
- ▶ Ядро складається з поверхневого апарату і внутрішнього середовища (матриксу). Поверхневий апарат утворений двома мембранами – зовнішньою та внутрішньою, між якими є щілина 20–60 нм завширшки. У деяких місцях зовнішня мембрана сполучена з внутрішньою навколо отворів – ядерних пор. Ядерний матрикс складається з ядерного соку, ядерця і ниток хроматину.
- ▶ Хроматин – ниткоподібні структури ядра, утворені здебільшого з білків і нуклеїнових кислот. Під час поділу клітини нитки хроматину ущільнюються і з них формуються хромосоми. Основу хромосоми становить дволанцюгова молекула ДНК в поєднанні з ядерними білками.

**Коротко
про
головне**



Запитання для самоконтролю

1. З чого складається поверхневий апарат ядра? 2. Що таке комплекс ядерної пори? Які його функції? 3. Що собою становить матрикс ядра? 4. Що таке хроматин? 5. Які будова та функції ядерця? 6. Що ви знаєте про функції ядра в клітині?

Поміркуйте. Чому еукаріотичні клітини, які втратили ядро, нездатні до поділу?

§ 18. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ КАРІОТИПУ РІЗНИХ ОРГАНІЗМІВ

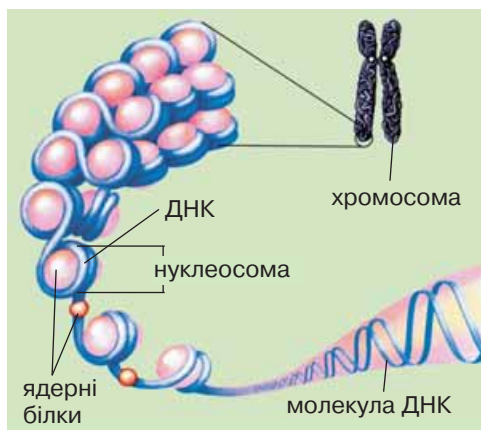


Пригадайте: який хромосомний набір нестатевих і статевих клітин людини? Які рослини називають однодомними та дводомними?

У попередньому параграфі ми згадували, що основними структурами ядра, в яких міститься генетичний матеріал, є хромосоми. Ознайомимося з їхньою будовою.

• **Будова хромосом.** Помітити хромосоми, підрахувати їхню кількість та розглянути особливості їхньої будови за допомогою мікроскопа можна лише під час поділу клітини. У період між послідовними поділами хро-





Мал. 18.1. Взаємодія ядерних білків та молекул ДНК у складі нитки хроматину

молекули у розгорнутому стані значно перевищує довжину хромосом. Наприклад, довжина хромосом під час поділу клітини в середньому становить 0,5–1 мкм, а розгорнутих молекул ДНК – декілька сантиметрів і більше. Таке пакування молекули ДНК дає їй змогу ефективно керувати процесами біосинтезу білків, процесами власного самоподвоєння, захищає від пошкоджень під час поділу клітини.

Кожна хромосома складається з двох поздовжніх частин – **хроматид**, які з'єднані між собою в місці, яке називають зоною первинної перетяжки (мал. 18.2). Вона поділяє хромосоми на дві ділянки – **плечі**. Якщо перетяжка розташована посередині хромосоми, то плечі мають однакові або майже однакові розміри. А якщо перетяжка зсунута до одного з кінців хромосоми, то плечі більш-менш відрізняються за довжиною.



Мал. 18.2. 1. Фотографія хромосоми, зроблена за допомогою електронного мікроскопа. 2. Схема будови хромосоми

мосами розкручуються до ниток хроматину.

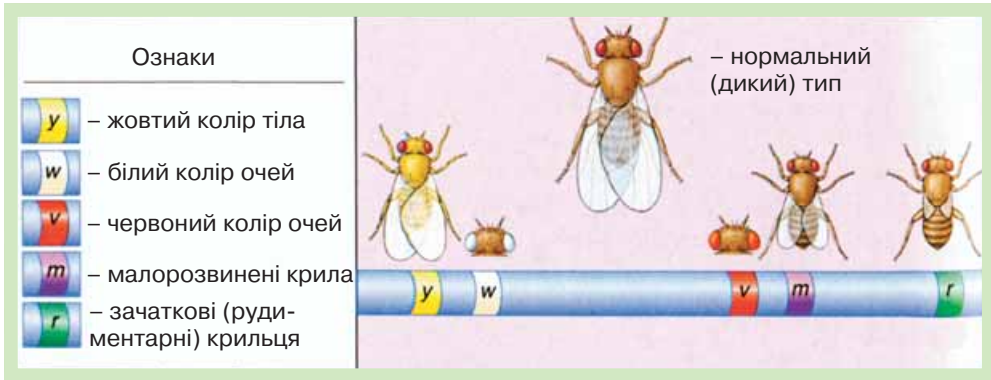
Основу хромосоми становить дволанцюгова молекула ДНК, зв'язана з ядерними білками (мал. 18.1). Крім того, до складу хромосом входять РНК та ферменти.

Молекули ДНК у хромосомах розташовані певним чином. Ядерні білки утворюють особливі структури – **нуклеосоми**, навколо яких наче накручені нитки ДНК. Кожна нуклеосома складається з восьми білкових глобул. Особливі білки зв'язують нуклеосоми між собою. Така організація забезпечує компактне розміщення молекул ДНК у хромосомах, оскільки довжина цих

ділянок хромосоми зі специфічною структурою, що з'єднує сестринські хроматиди, – **центромера**. На ній формуються білкові структури – **кінетохори** (від грец. *кінео* – рухаюсь та *хорео* – іду вперед). Під час поділу клітини до кінетохора приєднуються нитки веретена поділу, що забезпечує впорядкований розподіл цілих хромосом або окремих хроматид між дочірніми клітинами. Деякі хромосоми мають ще й вторинну перетяжку, де розташовані гени, які відповідають за утворення ядерець.

Кожна з хроматид містить по молекулі ДНК з подібним набором спадкової інформації. Під час поділу клітини хроматиди розходяться до дочірніх





Мал. 18.3. Генетичні карти хромосом дрозофіли

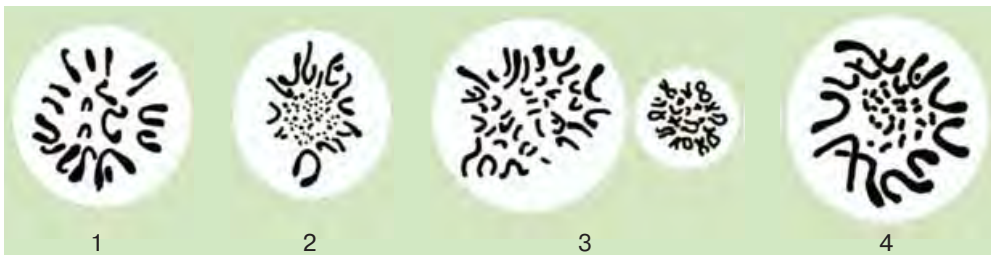
клітин, а в період між двома поділами – число хроматид знову подвоюється. Це відбувається завдяки здатності молекул ДНК до самоподвоєння.

Хромосоми, як вам відомо, містять гени – ділянки молекули ДНК, які містять закодовану інформацію (**генетичний код**) про будову молекул білка або РНК. Ділянку, яку займає певний ген у хромосомі, називають **локусом** (від лат. *локус* – місце).

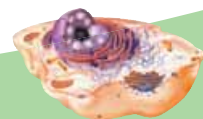
Визначення всіх локусів у складі хромосоми дало змогу створити **генетичні карти хромосом** організмів різних видів (мал. 18.3). На цих картах показаний порядок розташування і відносні відстані між генами в певній хромосомі.

Для деяких організмів (наприклад, дрозофіли, кукурудзи) уже створені повні генетичні карти всіх хромосом. Генетичні карти всіх 23 хромосом людини ще неповні. Вважають, що кількість генів людини, які визначають усі її ознаки, сягає 30 000. Генетичні карти дають змогу дослідникам змінювати спадкову інформацію різних організмів: видаляти одні гени, вбудовувати інші, запозичені в особин свого або інших видів. Цим опікується особлива галузь біології – **генна, або генетична, інженерія**.

• **Особливості організації каріотипу різних організмів.** Клітини кожного виду тварин, рослин, грибів мають певний набір хромосом. Сукупність ознак хромосомного набору (кількість хромосом, їхня форма і розміри) називають **каріотипом** (від грец. *каріон* – ядро горіха і *типос* – форма) (мал. 18.4). Кожному виду притаманний свій особливий каріотип.



Мал. 18.4. Каріотипи різних тварин: 1 – жуки; 2 – курки; 3 – кішки; 4 – саламандри



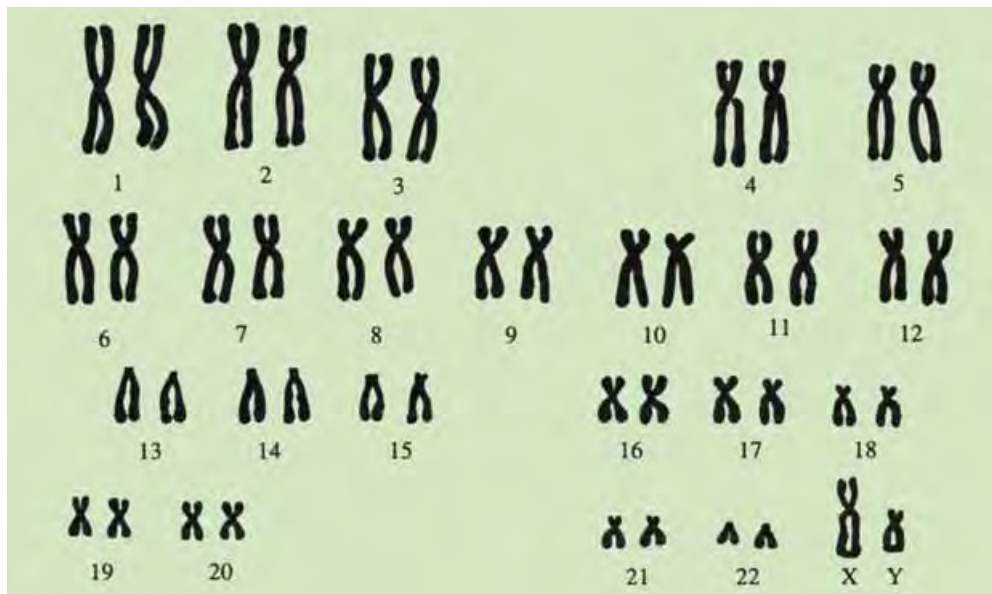
Наприклад, у нестатевих клітинах мухи-дрозофіли всього 8 хромосом (4 пари), людини – 46 (23 пари), у морських одноклітинних тварин – радіоларій – до 1600.

Постійність каріотипу забезпечує існування видів. Особливий каріотип особин одного виду дає їм змогу паруватися між собою, залишати життєздатних нащадків і зазвичай унеможлиблює їхнє парування з особинами інших видів. Якщо ж таке парування і відбувається, то нащадки або взагалі не народжуються, або ж вони нежиттєздатні чи нездатні до розмноження.

Хромосомний набір ядра може бути гаплоїдним, диплоїдним або поліплоїдним. У **гаплоїдному** (від грец. *гаплоос* – поодинокий, *плоос* – кратний і *ейдос* – вигляд) **наборі** (його умовно позначають **1n**) усі хромосоми відрізняються одна від іншої за будовою. Натомість у **диплоїдному** (від грец. *диплоос* – подвійний) **наборі** (**2n**) кожна хромосома має пару, подібну за розмірами та особливостями будови; їх називають **гомологічними** (від грец. *гомологіа* – відповідність). Відповідно хромосоми, які не належать до певної пари, не гомологічні одна до одної.

Якщо ж кількість гомологічних хромосом перевищує дві, то такі хромосомні набори належать до **поліплоїдних** (від грец. *поліс* – численний): триплоїдний (**3n**), тетраплоїдний (**4n**) тощо.

У роздільностатевих тварин і дводомних рослин в особин однієї зі статей хромосоми однієї з пар різняться між собою, тоді як в особин іншої – вони подібні. Це статеві хромосоми, які ще називають **гетерохромосомами** (від грец. *гетерос* – інший). Хромосоми інших пар, які подібні у всіх особин, називають нестатевими, або **аутосомами** (від грец. *аутос* – сам). Так, у хромосомному наборі жінки – дві X-хромосоми, а чоловіка – одна X-хромосома та одна Y-хромосома (мал. 18.5). Зрозуміло, якщо аутосоми мають подібний набір генів, то в X- та Y-хромосомах він різний.



Мал. 18.5. Каріотип людини (чоловіка)





У мух і ссавців різні статеві хромосоми мають особини чоловічої статі, а ось у метеликів, плазунів і птахів, навпаки, – жіночої. У деяких тварин особини різних статей мають різну кількість хромосом. Так, самки коників (клас Комахи) мають 2 статеві хромосоми, тоді як самці – лише одну (мал. 18.6).

У ядрах окремих клітин личинок двокрилих комах, деяких інфузорій та рослин (пшениця, цибуля тощо) трапляються хромосоми велетенських розмірів, які в сотні разів перевищують розміри звичайних. Це відбувається тому, що в них багатократно збільшена кількість молекул ДНК, інколи в 1000 разів, що слугує видовою ознакою.

		Самка	Самець
людина		XX	XY
		XX	XY
качка		XY	XX
коник		XX	XO
бджола		диплоїдний (2n)	гаплоїдний (1n)

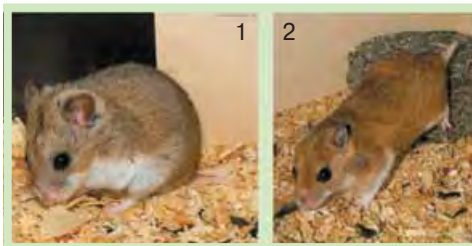
Мал. 18.6. Каріотиби особин різних статей у певних груп тварин

• Зміни каріотипу та його наслідки. Значення дослідження каріотипу.

Каріотип може змінюватись унаслідок мутацій. Мутантні особини (мутанти) часто нездатні схрещуватися з тими, які мають нормальний каріотип, і залишати плодючих нащадків. Крім того, зміни хромосомного набору можуть спричиняти різноманітні захворювання. Як приклад можна навести хворобу (синдром) Дауна. Ми вже згадували, що людина має 23 пари хромосом. Кожній парі хромосом дослідники надали певний порядковий номер, наприклад хромосоми 1-ї пари, 2-ї пари тощо (мал. 18.5). Якщо у людини хромосом 21-ї пари стає три (замість двох), у неї проявляється хвороба Дауна. У хворих на синдром Дауна порушується розумовий розвиток, тривалість життя у них невелика (зазвичай не більше 30 років), розміри голови зменшені, обличчя пласке, розріз очей косий тощо. Незважаючи на ці вади, такі діти відрізняються доброзичливістю і слухняністю. Поява третьої хромосоми у 8-й парі теж призводить до порушень, однак не таких значних (косоокість, вкорочені пальці, збільшені розміри вух, носа, незначна розумова відсталість та ін.). Трапляються мутації, коли кількість хромосом не збільшується, а навпаки, зменшується. У людини зародки, що мають хромосомний набір 44 аутосоми та лише одну X-хромосому (замість двох), розвиваються в жіночий організм зі значними порушеннями будови та життєвих функцій (укорочена шия з крилоподібною згортою шкіри, порушення формування кісток, кровоносної системи, статеві залози не розвинені). Отже, ступінь та характер порушень залежать від того, в якій саме парі відбулися зміни кількості хромосом.

Таким чином, дослідження каріотипу людини має важливе значення для діагностики її спадкових захворювань. Зокрема, вони дають змогу діагностувати багато спадкових захворювань навіть на ранніх етапах розвитку (хворобу Дауна та інші). Будову каріотипу застосовують у систематичі організмів для розпізнавання близьких за будовою видів (так званих видів-двійників). Це пов'язане з тим, що в близьких видів хромосомні набори завжди відрізняються або за кількістю хромосом, або за особли-





Мал. 18.7. Китайський (1) і даурський (2) хом'ячки

востями їхньої будови. За іншими структурними ознаками видів-двійники розрізнити дуже важко або взагалі неможливо.

Так, два близькі види хом'яків (китайський і даурський) дуже подібні за будовою і відрізняються лише за набором хромосом (відповідно 22 і 20 у диплоїдному наборі) (мал. 18.7). Випадки видів-двійників відомі серед комах, земноводних, плазунів тощо.

Крім того, вивчення каріотипу дає змогу встановлювати ступінь історичної спорідненості між організмами. Адже чим подібніші каріотипи двох видів, тим ці організми ближчі за походженням.

Ключові терміни та поняття. Хроматиди, каріотип, аутосоми, гетерохромосоми.

Коротко
про
головне

- ▶ Кожна хромосома складається з двох хроматид, які сполучені між собою в ділянці первинної перетяжки. Під час поділу клітини до кінетохора приєднуються нитки веретена поділу.
- ▶ Клітини кожного виду еукаріотів мають свій особливий набір хромосом – каріотип.
- ▶ Хромосоми, подібні за будовою і набором генів, називають гомологічними, а ті, що відрізняються за цими показниками, – негомологічними. Виняток становлять лише статеві хромосоми, які у представників однієї зі статей кожного виду розрізняються за розмірами і особливостями будови. Їх називають гетерохромосомами, на відміну від нестатевих – аутосом.
- ▶ Каріотип може змінюватись унаслідок мутацій. Мутантні особини (мутанти) часто нездатні схрещуватися з особинами, які мають нормальний каріотип, і залишати плодючих нащадків.
- ▶ Дослідження каріотипу людини має важливе значення для діагностики її спадкових захворювань. Такі дослідження дають можливість виявити багато спадкових захворювань на ранніх етапах ембріонального розвитку (хворобу Дауна та ін.).
- ▶ Вивчення каріотипу має важливе значення в систематиці для розпізнавання близьких за будовою видів (видів-двійників).



Запитання для самоконтролю

1. Що таке каріотип? Чим він характеризується? 2. Які будова і функції хромосом? 3. Що таке статеві і нестатеві хромосоми? 4. Які хромосоми називають гомологічними? 5. Яке значення має дослідження хромосомного набору ядра людини та інших організмів? 6. Чим відрізняються носії спадкового матеріалу прокаріотів та еукаріотів?

Поміркуйте. Чому саме існування видів залежить від стабільності та специфічності їхніх каріотипів?





ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

БУДОВА КЛІТИН ПРОКАРІОТІВ ТА ЕУКАРІОТІВ

Мета: вивчити особливості будови клітин прокаріотів і еукаріотів; навчитися розпізнавати на схемах, постійних мікропрепаратах, мікрофотографіях прокаріотичні та еукаріотичні клітини.



Обладнання і матеріали: мікроскопи, предметні і накривні скельця, пінцети, скляні і дерев'яні палички, препарувальні голки; постійні мікропрепарати бактерій, епітелію ротової порожнини, шкірки цибулі, гіфів гриба мукора; електронно-мікроскопічні фотографії клітин бактерій, тварин, рослин і грибів.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа на постійних мікропрепаратах знайдіть клітини бактерій, грибів, рослин, тварин.
3. За відсутності постійних мікропрепаратів виготовте тимчасові:
 - а) стерилізованою скляною або дерев'яною паличкою зніміть з поверхні зубів наліт навколо ясен, перенесіть його на предметне скло і накрийте накривним скельцем;
 - б) виготовте препарат епітелію ротової порожнини в краплині слини, для чого проведіть скляною паличкою по внутрішній поверхні щок, перенесіть мазок на предметне скло;
 - в) виготовте препарат шкірки м'ясистої луски цибулі, для чого перенесіть шкірку на предметне скло у краплину води та накрийте накривним скельцем;
 - г) зберіть зі шматка хліба або овочів цвіль білого кольору – грибницю мукора; розмістіть її на предметному склі та накрийте накривним скельцем.
4. Розгляньте при великому збільшенні мікроскопа клітини бактерій, грибів, рослин і тварин. Порівняйте особливості їхньої будови.
5. Роздивіться електронно-мікроскопічні фотографії клітин бактерій, грибів, рослин і тварин. Знайдіть клітинну стінку, плазматичну мембрану, ядро, ендоплазматичну сітку, комплекс Гольджі, мітохондрії, пластиди, вакуолі.
6. Зробіть висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЯВИЩ ПЛАЗМОЛІЗУ ТА ДЕПЛАЗМОЛІЗУ В КЛІТИНАХ РОСЛИН

(виконують учні академічного рівня навчання)

Мета: спостерігати рух цитоплазми в клітинах рослин; дослідити явища плазмолізу і деплазмолізу.

Обладнання і матеріали: світлові мікроскопи, предметні і накривні скельця, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9 %-й водний розчин хлориду натрію, м'ясиста луска цибулі або листок елодеї.



Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Виготовте тимчасовий мікропрепарат живих клітин шкірки соковитої луски цибулини або листка елодеї, помістіть їх у краплину води на предметне скло і накрійте накривним скельцем.
3. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа, виберіть ділянку із живими клітинами. При великому збільшенні мікроскопа простежте за рухом цитоплазми і хлоропластів (за необхідності підігрійте препарат до $+38...40^{\circ}\text{C}$, вводячи під накривне скло теплу воду).
4. Замініть воду під накривним скельцем розчином хлориду натрію: з одного боку скельця введіть розчин хлориду натрію, а з іншого (для видалення води з-під накривного скельця) прикладіть фільтрувальний папір. Простежте за явищем плазмолізу – відшаруванням цитоплазми від клітинної стінки.
5. Після завершення процесу плазмолізу замініть розчин хлориду натрію під накривним скельцем на дистильовану воду. Для цього з одного боку накривного скельця введіть дистильовану воду, а з іншого, щоб видалити розчин хлориду натрію, прикладіть фільтрувальний папір. Простежте за явищем деплазмолізу – відновленням об'єму цитоплазми.
6. Зробіть висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**МІКРОСКОПІЧНА ТА УЛЬТРАМІКРОСКОПІЧНА БУДОВА ЯДРА**

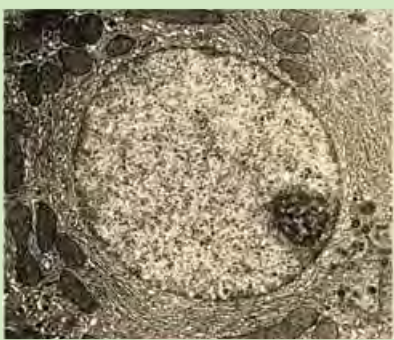
(виконують учні академічного рівня навчання)

Мета: ознайомитися з особливостями будови ядра; навчитися розпізнавати на схемах, постійних мікропрепаратах, мікрофотографіях структури ядер.

Обладнання, матеріали та об'єкти дослідження: мікроскопи, предметні і накривні скельця, препарувальні голки, пінцети; фільтрувальний папір; елодея, постійні мікропрепарати яйцеклітини.

Хід роботи

1. При малому збільшенні мікроскопа розгляньте постійний мікропрепарат яйцеклітини.



Мікроскопічна будова ядра

2. Знайдіть на препараті великі кулясті яйцеклітини, оточені дрібними фолікулярними клітинами, що мають видовжені ядра, забарвлені в синьо-фіалковий колір.
3. Зверніть увагу на цитоплазму яйцеклітини, забарвлену в рожевий колір.
4. Знайдіть велике ядро, розташоване в центрі клітини.
5. Зверніть увагу на численні ядерця різного розміру всередині ядра, забарвлені в темно-фіалковий колір.



6. Замалуйте яйцеклітину жаби, зазначивши на малюнку її оболонку, цитоплазму, ядро, ядерця.
7. Розгляньте електронно-мікроскопічні фотографії ядра та знайдіть окремі деталі будови.
8. Зробіть висновки.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. **Зазначте сполуки, з яких переважно складається плазматична мембрана:**
а) білки і вуглеводи; б) вуглеводи і ліпіди; в) білки і ліпіди; г) ліпіди і мінеральні солі.
2. **Вкажіть організми, клітини яких здатні до фагоцитозу:** а) бактерії; б) гриби; в) рослини; г) тварини.
3. **Назвіть організми, до складу клітинної оболонки яких входить глікокалікс:**
а) бактерії; б) гриби; в) рослини; г) тварини.
4. **Зазначте сполуки, з яких переважно складаються хромосоми:** а) білки і ліпіди; б) білки і ДНК; в) білки і РНК; г) ліпіди і РНК.
5. **Назвіть прізвище вченого, який запровадив термін «клітина»:** а) Р. Гук; б) Т. Шванн; в) М. Шлейден; г) Р. Вірхов.
6. **Укажіть, як ще називають статеві хромосоми:** а) політенні; б) негомологічні; в) аутосоми; г) гетерохромосоми.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. **Назвіть організми, в клітинах яких є вегетативні й генеративні ядра:** а) дріжджі; б) улотрикс; в) форамініфери; г) інфузорії.
2. **Назвіть клітини, які не мають ядер:** а) еритроцити більшості ссавців; б) клітини епітелію; в) лейкоцити; г) тромбоцити ссавців.
3. **Назвіть організми, клітини яких не мають ядер:** а) ціанобактерії; б) пеніцил; в) мукор; г) кишкова паличка.
4. **Назвіть структури, які трапляються всередині ядра:** а) субодиниці рибосом; б) нитки хроматину; в) пластида; г) мітохондрії.
5. **Назвіть механізми пасивного транспорту речовин у клітину:** а) дифузія; б) зміна просторової структури білків, які проходять через мембрану; в) калієво-натрієвий насос; г) фагоцитоз.
6. **Назвіть властивості плазматичної мембрани:** а) напівпроникність; б) здатність до самооновлення; в) жорсткість; г) здатність синтезувати власні білки.
7. **До складу підмембранного комплексу клітини інфузорії входить:** а) глікокалікс; б) пелікула; в) клітинна стінка; г) цитоскелет.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. **Визначте приналежність хромосом до тих чи інших типів:**

Типи хромосом	Назви хромосом
А Подібні за розмірами та будовою	1 Гетерохромосоми
Б Відрізняються за розмірами та будовою	2 Аутосоми
В Статеві	3 Політенні
Г Нестатеві	4 Гомологічні
	5 Негомологічні



2. Визначте відповідність органел і структур клітини групам організмів, у яких вони трапляються:

Групи організмів	Органели та структури
А Еритроцити більшості ссавців Б Ціанобактерії В Клітини шкіри рослин Г Клітини інфузорій	1 Ядра не диференціюються на вегетативні та генеративні 2 Відсутність ядра в дозрілих клітинах 3 Нуклеоїд 4 Ядра вегетативні та генеративні 5 Ситоподібні пластинки

3. Установіть відповідність між прізвищами учених та їхнім внеском у розвиток цитології:

Прізвища учених	Внесок у розвиток цитології
А Р. Гук Б А. ван Левенгук В Т. Шванн Г І. Мечников	1 Відкрив явище фагоцитозу 2 Відкрив явище піноцитозу 3 Запропонував термін «клітина» 4 Відкрив і описав клітини бактерій 5 Заклав основи клітинної теорії

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

1. Як відсутність ядра впливає на властивості клітини? Відповідь обґрунтуйте.
2. Чим можна пояснити, що деякі еукаріотичні клітини позбавлені ядра? Наведіть приклади таких клітин.
3. Яке значення має вивчення каріотипів організмів для систематики? Відповідь обґрунтуйте.
4. Що спільного та відмінного є між спадковим матеріалом клітин прокаріотів та еукаріотів?
5. Що спільного та відмінного є між процесами піноцитозу та фагоцитозу? Клітини яких організмів можуть здійснювати ці процеси?
6. Який зв'язок існує між надходженням води в клітину та підтриманням її форми? Відповідь обґрунтуйте.
7. Що спільного й відмінного в будові та хімічному складі поверхневого апарату клітин рослин і грибів?





ТЕМА 2. ЦИТОПЛАЗМА КЛІТИН

- будова і функції цитоплазми;
- будова та функції одномембранних і двомембранних органел;
- гіпотези походження еукаріотичних клітин та окремих їхніх органел;
- значення двомембранних органел у синтезі речовин і перетворенні енергії в клітині, забезпеченні поза-ядерної спадковості.

§ 19. ЦИТОПЛАЗМА. КЛІТИННІ ВКЛЮЧЕННЯ



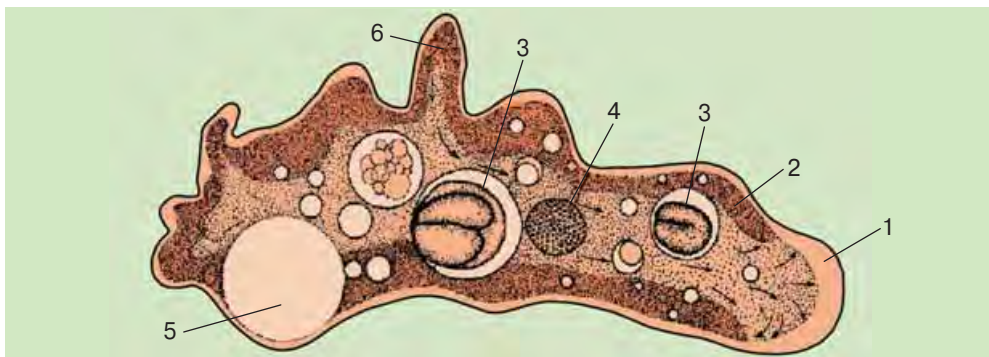
Пригадайте: які основні компоненти клітин еукаріотів вам відомі? Яке явище називають цитозом? Дайте визначення поняттям «золь» і «гель».

Як вам відомо, внутрішній вміст клітини, за винятком ядра, називають цитоплазмою. Її основою є неоднорідний колоїдний розчин – цитозоль, або гіалоплазма, в якому розміщені різноманітні органели, включення та цитоскелет. Цитоплазма як внутрішнє середовище клітини характеризується відносною сталістю будови та властивостей.

• **Цитозоль і його функції.** *Цитозоль* (від грец. *китос* – клітка та нім. *золь* – колоїдний розчин), або *гіалоплазма* (від грец. *гіалос* – скло та *плазма* – виліплене, сформоване), – частина цитоплазми, що становить собою безбарвний водний розчин органічних і неорганічних речовин. З органічних сполук у цитозолі є білки, амінокислоти, моно-, оліго- та полісахариди, ліпіди, різні типи РНК тощо, а з неорганічних – катіони металів (зокрема, Ca^{2+} , K^{+}), аніони карбонатної та ортофосфатної кислот, Cl^{-} та ін. У цитозолі між структурами цитоскелета розташовані різноманітні органели та клітинні включення.

Цитозоль може перебувати в рідкому (*золь*) або драглистому (*гель*) стані. Так, у клітинах тварин зовнішній шар цитоплазми (*ектоплазма*), розташований під плазматичною мембраною, прозорий і щільний. Натомість її внутрішній шар (*ендоплазма*) меншої густини, містить різноманітні органели і включення. Ці два шари можуть переходити один в інший, що спостерігають, наприклад, в амеб під час утворення несправжніх ніжок (мал. 19.1). Таким чином, перехід цитозолу з одного стану в інший забезпечує амебоїдний рух клітин, а також процеси ендо- та екзоцитозу. **Пригадайте:** *ендоцитоз* – поглинання клітинами твердих часток і розчинів сполук; *екзоцитоз* – це виведення з клітини певних речовин (наприклад, гормонів або ферментів). Фізичний стан цитозолу впливає на швидкість перебігу біохімічних процесів: чим він густіший, тим повільніше відбуваються хімічні реакції. Важливим показником цього стану є концентрація в цитозолі йонів Гідрогену (рН), від якої, зокрема, залежить активність певних ферментів.





Мал. 19.1. Схематична будова клітини амеби: 1 – шар ектоплазми; 2 – шар ектоплазми; 3 – травні вакуолі; 4 – ядро; 5 – скоротлива вакуоля; 6 – псевдоподія (стрілки на малюнку вказують на напрямки руху цитоплазми)

Внутрішнє середовище клітини об'єднує в єдину функціональну систему всі клітинні структури, забезпечуючи їхню взаємодію. У цитозолі відбуваються транспорт і частина процесів обміну речовин (наприклад, послідовні реакції безкисневого розщеплення глюкози – гліколізу), синтез білків, необхідних для побудови органел і підтримання життєдіяльності.

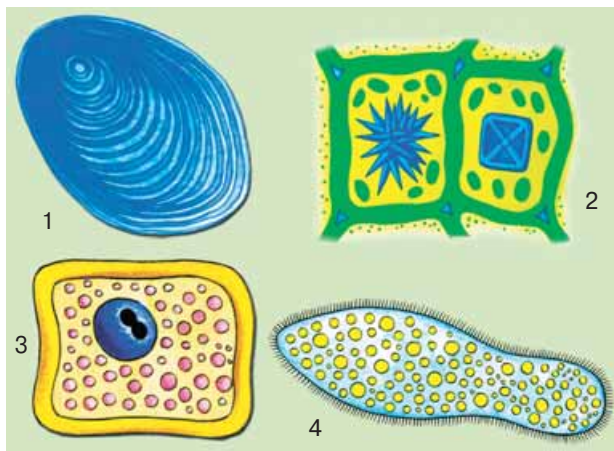
Цитозоль перебуває в постійному русі. Ви можете самостійно спостерігати за цим явищем, увівши до живої клітини забарвлені сполуки під час виконання лабораторної роботи № 8.

• **Клітинні включення**, на відміну від органел, є непостійними компонентами клітини. Вони можуть з'являтися та зникати в процесі життєдіяльності клітини. Зазвичай це запасні речовини. Клітинні включення містяться в цитоплазмі або вакуолях рослинних клітин у розчиненому (краплини) або твердому (кристали, волоконця, зерна тощо) стані (мал. 19.2). Наприклад, крохмаль, накопичуючись у безбарвних пластидах (лейкопластах), зрештою розриває їх і потрапляє в цитоплазму, де зберігається у вигляді зерен. У клітинах рослин також можуть накопичуватися білкові гранули або рідкі жири (насіння арахісу та ін.). У клітинах грибів, тварин і людини запасється полісахарид глікоген (у вигляді зерен або волоконця), різні ліпіди і білки (наприклад, «жовток» яйцеклітин).

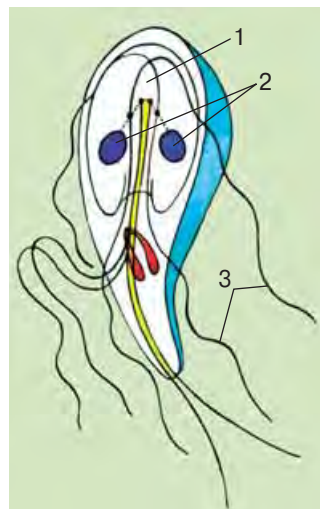
У цитоплазмі можуть накопичуватися і нерозчинні продукти обміну: солі сечової кислоти, кристали щавлевооцтового кальцію (у щавлю, бегонії та ін.). Під дією ферментів більшість клітинних включень розпадається на сполуки, які залучаються до процесу обміну речовин. Вони можуть використовуватися клітиною в процесі росту, рослинами – під час цвітіння, дозрівання плодів тощо.

У деяких одноклітинних тварин є особливі внутрішньоклітинні структури, які виконують опорну функцію. Як і включення, це конструкції певної форми, розташовані в гіалоплазмі і не обмежені мембранами. Наприклад, у гіалоплазмі паразитичних одноклітинних тварин – лямблій – є опорний стрижень, який складається з органічної речовини (мал. 19.3). Раніше ми згадували, що в морських одноклітинних тварин – радіолярій – капсула з органічної речовини поділяє цитоплазму на зовнішню і внутрішню частини, властивості яких дещо розрізняються. Крім того, ці тварини мають внутрішньоклітинний скелет





Мал. 19.2. Клітинні включення: 1 – зерна крохмалю з клітин бульб картоплі; 2 – кристали щавлевооцтового калію в клітинах бегонії; 3 – білкові включення в клітині зернівки пшениці; 4 – краплини жиру в клітині інфузорії-туфельки



Мал. 19.3. Клітина лямблій: 1 – опорний стрижень; 2 – ядра; 3 – джгутики

химерного вигляду (у вигляді дірчастих куль, вкладених одна в іншу, корон тощо), який складається з SiO_2 або SrSO_4 .

Ключові терміни та поняття. Цитозоль, або гіалоплазма, клітинні включення.

- Внутрішній вміст клітини, за винятком ядра, називають цитоплазмою. Її основою є неоднорідний колоїдний розчин – цитозоль, або гіалоплазма.
- Цитозоль – прозорий розчин органічних і неорганічних речовин. У ньому розташовані різноманітні органели, які взаємодіють між собою, а також клітинні включення.
- Цитозоль може перебувати в рідкому (золь) або драглистому (гель) стані. Фізичний стан цитозолю впливає на швидкість перебігу біохімічних процесів. Цитозоль як внутрішнє середовище клітини об'єднує в єдину функціональну біологічну систему всі клітинні структури і забезпечує їхню взаємодію.
- Клітинні включення – непостійні компоненти клітини: вони то виникають, то зникають у процесі її життєдіяльності. Це насамперед запасні речовини.

Коротко
про
головне



Завдання для самоконтролю

1. Що таке цитоплазма? 2. Який склад і функції цитозолю? 3. У яких станах може перебувати цитозоль? Дайте їм характеристику. 4. Що таке клітинні включення? Яка їхня роль у клітині?

Поміркуйте. Як різні склад і стани цитозолю забезпечують його функції?



§ 20. ОДНОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ



Пригадайте: які органели оточені однією мембраною? Яка будова сперматозоїда людини? Які особливості будови кутикули членистоногих? Які вакуолі трапляються в клітинах рослин і тварин? Що таке піноцитоз і фагоцитоз?

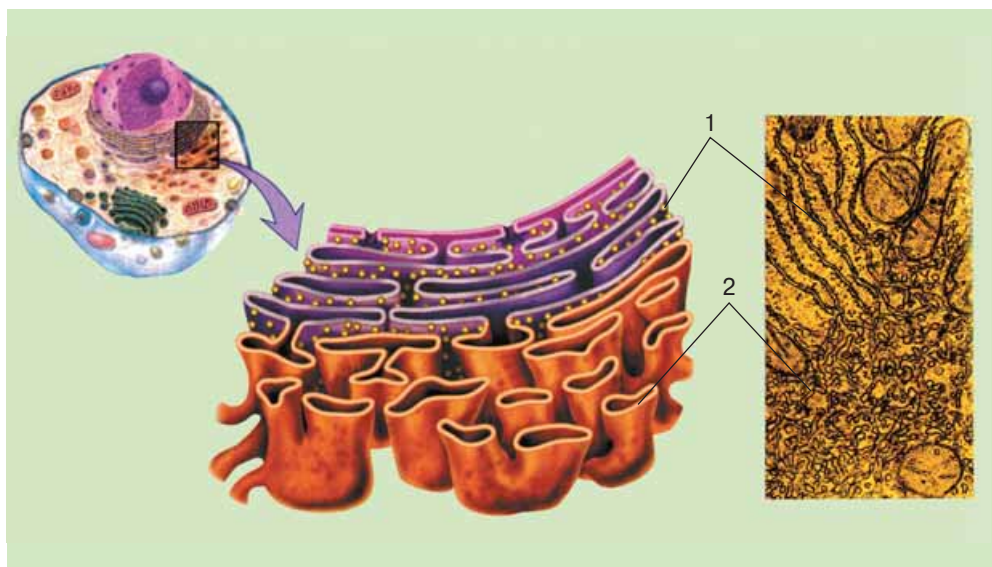
Ви вже знаєте, що в клітинах еукаріотів є органели, обмежені однією мембраною. З них ми розглянемо ендоплазматичну сітку, комплекс Гольджі, лізосоми, вакуолі та пероксисоми.

• **Ендоплазматична сітка** (мал. 20.1) становить собою систему порожнин у вигляді мікроскопічних каналців та їхніх потовщень (так званих цистерн). Діаметр каналців становить 50–100 нм, а цистерн – до 1000 нм і більше. Вони обмежені мембраною та сполучаються між собою. Розрізняють два різновиди ендоплазматичної сітки: зернисту та незернисту.

Зерниста (гранулярна) ендоплазматична сітка дістала свою назву тому, що на її мембранах розташовані рибосоми. На мембранах **незернистої (агранулярної) ендоплазматичної сітки** рибосоми відсутні.

Обидва різновиди ендоплазматичної сітки мають тісні просторові зв'язки; зокрема, їхні мембрани можуть безпосередньо переходити одна в іншу.

Одна з основних функцій зернистої ендоплазматичної сітки – забезпечення транспорту білків по клітині. Частина синтезованих у клітині білків використовується для її власних потреб, а частина виводиться за межі клітини (мал. 20.2). Білки синтезуються за участі рибосом, які можуть розташовуватися в цитозолі та на поверхні зернистої ендоплазматичної сітки. У її порожнинах білки набувають притаманної їм просторової конфірмації, до них можуть приєднуватися небілкові компоненти. Синтезовані



Мал. 20.1. Ендоплазматична сітка: 1 – зерниста; 2 – незерниста





білки використовуються для побудови плазматичної мембрани та зовнішньої мембрани оболонки ядра в період між поділами клітини.

На мембранах незернистої ендоплазматичної сітки синтезуються ліпіди, вуглеводи, певні гормони, що можуть накопичуватися в її порожнинах. У цих порожнинах (наприклад, у клітинах печінки) накопичуються і знешкоджуються деякі отруйні сполуки. Крім того, порожнини сітки м'язових клітин, нейронів, залозистого епітелію слугують внутрішньоклітинним депо (місцем зберігання) йонів Кальцію. Це має важливе значення для функціонування м'язових волокон: під час їхнього скорочення концентрація йонів Кальцію різко підвищується, а під час розслаблення – знижується.

Ендоплазматична сітка функціонально пов'язана з комплексом Гольджі. **Комплекс, або апарат, Гольджі** (названий так на честь італійського вченого К. Гольджі, який відкрив цю органелу) – одна з універсальних органел клітин еукаріотів. Її основною структурною одиницею слугує **диктіосома** – скупчення одномембранних плоских цистерн (мал. 20.3). Поруч з ними розташовані пухирці та каналці. До одного з полюсів кожної із цистерн постійно надходять пухирці, які відокремлюються від ендоплазматичної сітки і містять речовини, що там утворилися. Зливаючись із цистернами комплексу Гольджі, ці пухирці віддають їм свій вміст. З іншого полюса цистерн відокремлюються пухирці, наповнені різними речовинами (див. мал. 20.2, 4).

Функції комплексу Гольджі різноманітні. Насамперед у цій органелі накопичуються і певним чином змінюються деякі сполуки (наприклад, білки можуть сполучатися з вуглеводами або ліпідами). Речовини, які надійшли до цистерн комплексу Гольджі, сортуються за хімічним складом і призначенням. Відсортовані молекули переходять з одних цистерн до інших і згодом у вигляді пухирців, оточених мембраною, відокремлюються від цієї органели.

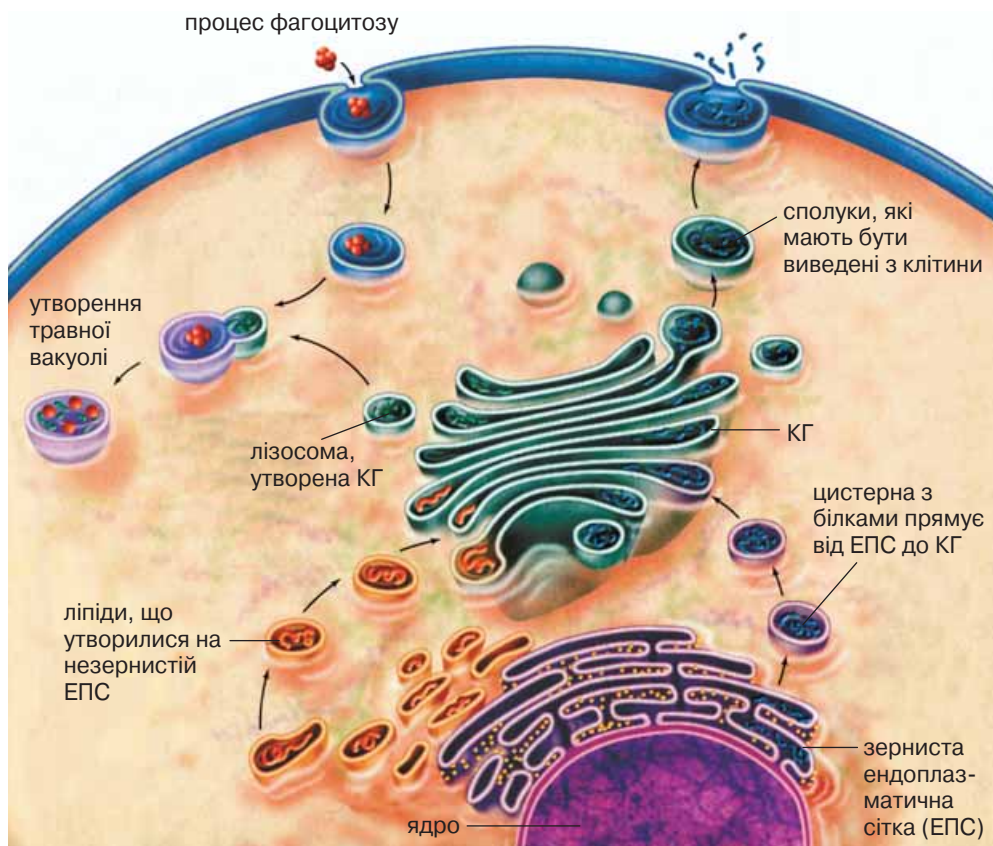


Мал. 20.2. Білки утворюються на мембранах ендоплазматичної сітки, а потім усередині оточених мембраною пухирців (1) відокремлюються (2) і прямують до комплексу Гольджі (3)



Мал. 20.3. Комплекс Гольджі (фотографію зроблено за допомогою електронного мікроскопа)





Мал. 20.4. Схема, що ілюструє функції комплексу Гольджі (КГ)

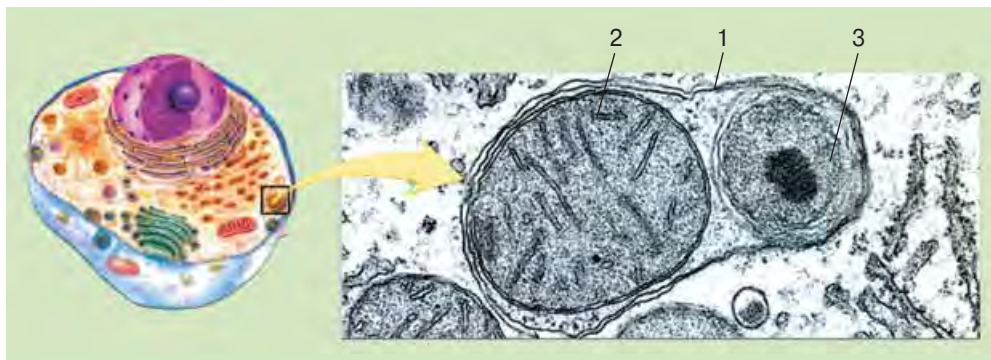
Відокремлені пухирці транспортуються за допомогою мікротрубочок до різних частин клітини, де можуть передавати свій вміст іншим органелам, або, зливаючись із плазматичною мембраною, видаляють його з клітини (мал. 20.4). Отже, одна з основних функцій комплексу Гольджі – накопичення, хімічні зміни і пакування в пухирці синтезованих речовин.

У цистернах комплексу Гольджі синтезуються деякі полісахариди. Вони можуть сполучатися з білками, що надійшли із зернистої ендоплазматичної сітки. У рослинних клітинах у комплексі Гольджі утворюються структурні компоненти клітинної стінки, а в клітинах членистоногих – хітиновмісної кутикули, яка утворює зовнішній скелет.

Завдяки комплексу Гольджі в голівці сперматозоїдів утворюється списо- або чашоподібний утвір – **акросома** (від грец. *акрон* – верхівка). Ви пам'ятаєте, що ця органела містить ферменти, які розчиняють оболонку яйцеклітини під час запліднення. Скоротливі вакуолі прісноводних одноклітинних тварин і водоростей також формуються з комплексу Гольджі. Ця органела бере участь і в побудові плазматичної мембрани.

Комплекс Гольджі бере участь у формуванні лізосом, які у вигляді пухирців, оточених мембраною, відокремлюються від цієї органели (мал. 20.4).





Мал. 20.5. Травна вакуоля (1), в якій перетравлюються мітохондрія (2) та пероксисома (3), термін життя яких вичерпано

• **Лізосоми** (від грец. *лізіс* – розчинення) – органели, які мають вигляд мікроскопічних оточених мембраною пухирців діаметром 100–180 нм. Вони містять ферменти, здатні розщеплювати ті чи інші сполуки (білки, вуглеводи, ліпіди тощо). У клітині можуть бути різні види лізосом, які відрізняються особливостями будови і функціями.

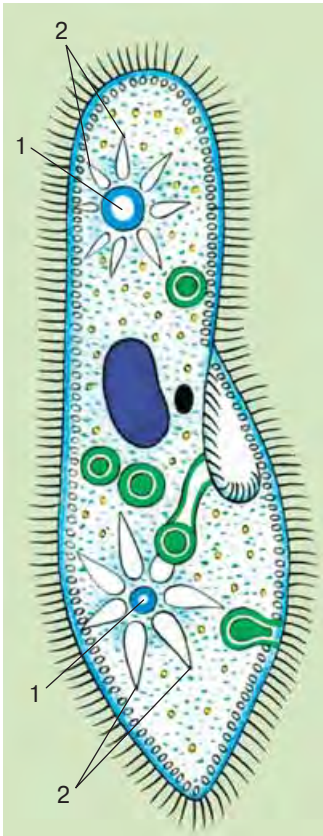
Одні з лізосом, зливаючися з піноцитозними або фагоцитозними пухирцями, беруть участь у формуванні травних вакуоль (див. мал. 20.4). При цьому активуються ферменти і вміст вакуолі перетравлюється. Таким чином, лізосоми забезпечують процеси внутрішньоклітинного травлення. Лізосоми іншого типу беруть участь у перетравленні окремих частин клітини (мал. 20.5), цілих клітин або їхніх груп. Вважають, що ці лізосоми знищують дефектні органели, ушкоджені або мертві клітини, руйнують личинкові органи комах, земноводних (наприклад, хвости та зябра пуголовків безхвостих амфібій) тощо.

Лізосоми можуть наближатися до плазматичної мембрани та виводити свій вміст – ферменти – назовні. Наприклад, у гриба *нейроспори* у такий спосіб забезпечуються процеси позаклітинного травлення.

• **Вакуолі** (від лат. *вакуус* – порожній) – органели клітини, які мають вигляд порожнин, оточених мембраною і заповнених рідиною. Розрізняють різні види вакуоль. Про утворення **травних вакуоль**, у яких перетравлюються сполуки і мікроорганізми, що надходять у клітину, ми вже згадували.

Вакуолі рослинних клітин утворюються з пухирців, які відокремлюються від ендоплазматичної сітки. Згодом дрібні вакуолі зливаються в більші, які можуть охоплювати майже весь об'єм цитоплазми. Вони заповнені клітинним соком – водним розчином органічних і неорганічних сполук. Вакуолі підтримують певний рівень внутрішньоклітинного тиску (*тургору*), забезпечуючи збереження форми клітин, містять запасні поживні речовини, кінцеві продукти обміну або пігменти. Червоні, сині, жовті тощо пігменти, розчинені у клітинному соку, зумовлюють забарвлення певних типів клітин і частин рослин у цілому (наприклад, плодів вишні, коренеплодів редису, пелюсток квітів тощо). Через мембрани вакуоль речовини переміщуються із цитозолу в їхню порожнину і навпаки.



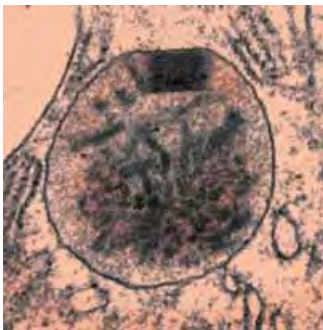


Мал. 20.6. Скоротливі вакуолі інфузорії-туфельки: 1 – скоротливі пухирці; 2 – радіальні канали

У клітинах прісноводних одноклітинних тварин і водоростей є **скоротливі вакуолі** – вкриті мембраною пухирці, здатні змінювати об'єм, виводячи свій вміст назовні. Це пов'язано з тим, що в прісній воді концентрація солей значно нижча, ніж у цитоплазмі. Тому згідно з фізичними законами вода з навколишнього середовища надходить до клітини, підвищуючи тиск усередині неї. Надлишок рідини накопичується в скоротливій вакуолі. Стінка вакуолі стискається завдяки скоротливим білкам, які входять до її складу, і випорскує рідину назовні клітини. Таким чином, скоротливі вакуолі регулюють внутрішньоклітинний тиск, виводячи надлишок води з клітини і запобігаючи її руйнуванню. Крім того, ці органели забезпечують виведення деяких розчинних продуктів обміну речовин. Діяльність скоротливої вакуолі має значення й для газообміну, оскільки сприяє надходженню до клітини води з розчиненим киснем і виведенню вуглекислого газу.

Найскладнішу будову скоротливих вакуоль мають інфузорії. Наприклад, в інфузорії-туфельки (мал. 20.6) вакуоля складається зі скоротливого пухирця (резервуару), який відкривається назовні отвором – порою. У пухирець впадають довгі тоненькі радіальні канальці, до яких надходять водні розчини із цитоплазми. Спочатку скорочуються стінки канальців, проштовхуючи рідину до резервуару. Через певний час скорочується наповнений резервуар, викидаючи вміст через пору.

• **Пероксисоми** (від грец. *пери* – навколо, лат. *окси* – Оксиген та грец. *сома* – тіло), або **мікротільця** (мал. 20.7), – органели кулястої форми, оточені однією мембраною, діаметром близько 0,3–1,5 мкм. Пероксисоми



Мал. 20.7. Одномембрanna органела – пероксисома

виявлені в різних організмів: одноклітинних і багатоклітинних тварин, дріжджів, вищих рослин, водоростей. Ці органели часто розташовані поблизу мембран ендоплазматичної сітки, мітохондрій, пластид. У них містяться різноманітні ферменти, зокрема ті, що забезпечують перетворення жирів на вуглеводи або здатні розщеплювати токсичний для клітини гідроген пероксид H_2O_2 до кисню та води. У рослин пероксисоми беруть участь у процесах поглинання кисню під час світлової фази фотосинтезу.

Тривалість існування однієї пероксисоми незначна – лише 5–6 діб. Нові пероксисоми утворюються внаслідок поділу.





Ключові терміни та поняття. Ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, акросома, лізосоми, пероксисоми.

- У клітинах еукаріотів є органели, оточені однією мембраною: ендоплазматична сітка, комплекс, або апарат, Гольджі, лізосоми, вакуолі, пероксисоми.
- Ендоплазматична сітка – система порожнин у вигляді мікроскопічних каналців та їхніх потовщень. Розрізняють два її різновиди: зернисту та незернисту. Зерниста ендоплазматична сітка на своїх мембранах має рибосоми, одна з її функцій – участь у біосинтезі білків. На мембранах незернистої ендоплазматичної сітки рибосом немає, і на них синтезуються ліпіди, вуглеводи, деякі гормони.
- Комплекс Гольджі включає диктіосоми – скупчення плоских цистерн, поруч з якими розташовані пухирці та каналці. Функції комплексу Гольджі: накопичення, хімічні зміни і пакування в пухирці синтезованих речовин. Крім того, ця органела забезпечує синтез деяких полісахаридів та бере участь у формуванні лізосом, акросом, скоротливих вакуоль.
- Лізосоми – мікроскопічні пухирці, що містять ферменти, здатні розщеплювати різні сполуки, забезпечуючи процеси внутрішньоклітинного травлення. Одні лізосоми, зливаючись із піноцитозними або фагоцитозними пухирцями, беруть участь у формуванні травних вакуоль, інші – у перетравленні окремих компонентів клітин, цілих клітин або їхніх груп.
- Вакуолі – порожнини, оточені мембраною і заповнені рідиною. У травних вакуолях перетравлюються поживні речовини та мікроорганізми, що надходять у клітину. Вакуолі рослинних клітин заповнені клітинним соком, їхні функції: підтримання внутрішньоклітинного тиску, накопичення запасних поживних речовин, продуктів обміну, пігментів тощо. Скоротливі вакуолі присутні в клітинах прісноводних одноклітинних тварин і водоростей. Вони регулюють внутрішньоклітинний тиск, виводячи назовні зайву рідину разом із розчинними продуктами обміну.
- Пероксисоми, або мікротільця, – органели кулястої форми, які вміщують ферменти, зокрема ті, що забезпечують перетворення жирів на вуглеводи та розщеплення гідроген пероксиду.

**Коротко
про
головне**



Запитання для самоконтролю

1. Які одномембранні органели трапляються в клітинах еукаріотів?
2. Що спільного та відмінного в будові та функціях зернистої та незернистої ендоплазматичної сітки?
3. Які особливості будови та функцій комплексу Гольджі?
4. Які функції лізосом у клітині?
5. Які ви знаєте види вакуоль? Які їхні функції?
6. Які органели називають пероксисомами? Яка їхня роль у клітині?

Поміркуйте. У чому полягають функціональні зв'язки між окремими одномембранними органелами клітин?



§ 21. ДВОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ: МІТОХОНДРІЇ ТА ПЛАСТИДИ

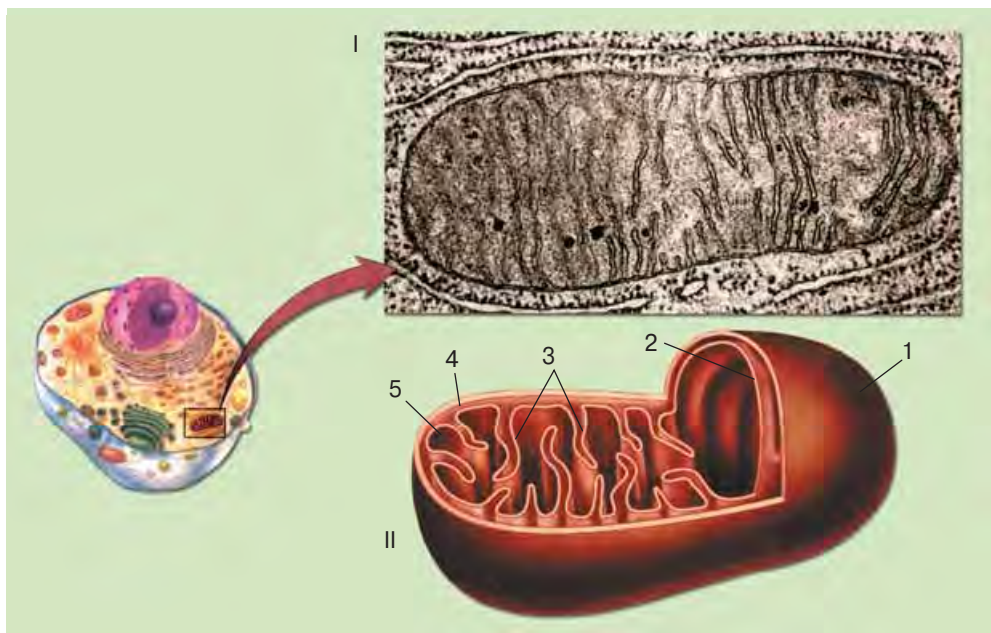


Пригадайте: які функції хлоропластів? Які види пластид ви знаєте? Які організми називають анаеробами? Що таке АТФ? Які особливості будови клітин різних рослинних тканин?

Мітохондрії та пластиди – органели клітин еукаріотів, поверхневий апарат яких складається з двох мембран, розділених міжмембранним простором. Вони просторово не пов'язані з іншими органелами. Ці органели беруть участь в енергетичному обміні.

• **Мітохондрії** (від грец. *мітос* – нитка і *хондріон* – зерно) – органели клітин більшості видів рослин, грибів і тварин. Їх немає лише в деяких одноклітинних еукаріотів, які мешкають у безкисневому середовищі, – *анаеробів*. Мітохондрії слугують своєрідними клітинними «генераторами енергії». Вони мають вигляд кульок, паличок, інколи розгалужених ниток (завдовжки 0,5–10 мкм і більше). Число цих органел у клітинах різних типів може коливатися від 1 до 100 000 і більше. Воно залежить від того, наскільки активно відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Так, клітина значних розмірів амеби *Хаос* містить до 500 000 мітохондрій, тоді як у дрібній клітині паразитичних джгутикових – *трипаносом* (збудників сонної хвороби людини) є лише одна велетенська розгалужена мітохондрія.

Зовнішня мембрана мітохондрії гладенька, а внутрішня – утворює вгини всередину органели – **кристи** (мал. 21.1). Кристи мають вигляд дис-



Мал. 21.1. Будова мітохондрії: I – фотографія, зроблена за допомогою електронного мікроскопа; II – схема будови: 1 – зовнішня мембрана; 2 – внутрішня мембрана; 3 – кристи; 4 – міжмембранний простір; 5 – матрикс





коподібних, трубчастих чи пластинчастих утворів, що часто розгалужуються. На поверхні крист, що межує з внутрішнім середовищем мітохондрії, є особливі грибоподібні білкові утвори – АТФ-соми (від грец. *сома* – тіло) (мал. 21.2). Вони містять комплекс ферментів, необхідних для синтезу АТФ.

Внутрішній простір мітохондрій заповнений напіврідкою речовиною – *матриксом*. Там містяться рибосоми, молекули ДНК, іРНК, тРНК тощо та синтезуються білки, що входять до складу внутрішньої мембрани.

Основна функція мітохондрій – синтез АТФ. Цей процес відбувається за рахунок енергії, яка вивільняється під час окиснення органічних сполук. Початкові реакції відбуваються в матриксі, а наступні, зокрема синтезу АТФ, – на внутрішній мембрані мітохондрій.

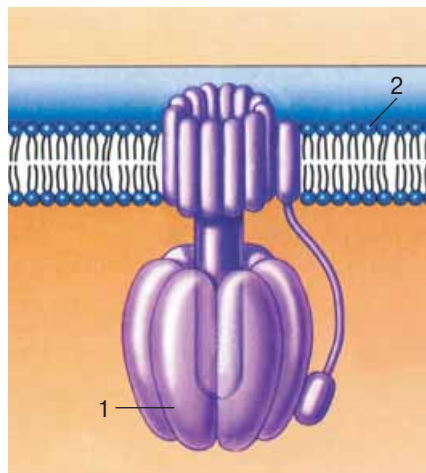
• **Пластиди** (від грец. *пластидес* – виліплений, сформований) – органели клітин рослин і деяких одноклітинних тварин (наприклад, еуглени зеленої). Відомо три типи пластид – хлоропласти, хромопласти, лейкопласти, які різняться за забарвленням, особливостями будови та функціями.

Хлоропласти (від грец. *хлорос* – зелений) – пластиди, зазвичай забарвлені в зелений колір завдяки наявності пігменту хлорофілу. Але в клітинах певних груп водоростей (червоних, бурих тощо) їхній колір може бути іншим. Це пояснюється тим, що в них, крім хлорофілу, є й інші пігменти – червоні, жовті, бурі та ін.

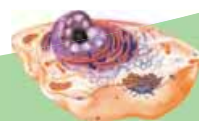
Як і в мітохондрій, зовнішня мембрана хлоропластів гладенька, а внутрішня утворює вирости, що можуть від неї відокремлюватись (мал. 21.3). *Строма* – речовина, що заповнює внутрішній простір хлоропласта. З внутрішньою мембраною пов'язані структури – **тилакоїди**. Це плоскі цистерни, оточені однією мембраною. Великі тилакоїди розташовані поодинокі, а дрібніші – зібрані в **грані**, що нагадують стоси монет. У тилакоїдах містяться основні (хлорофіли) та допоміжні (каротиноїди) пігменти, а також усі ферменти, необхідні для здійснення фотосинтезу. У стромі хлоропластів є молекули ДНК, різні типи РНК, рибосоми, зерна запасного полісахариду (переважно крохмалю).

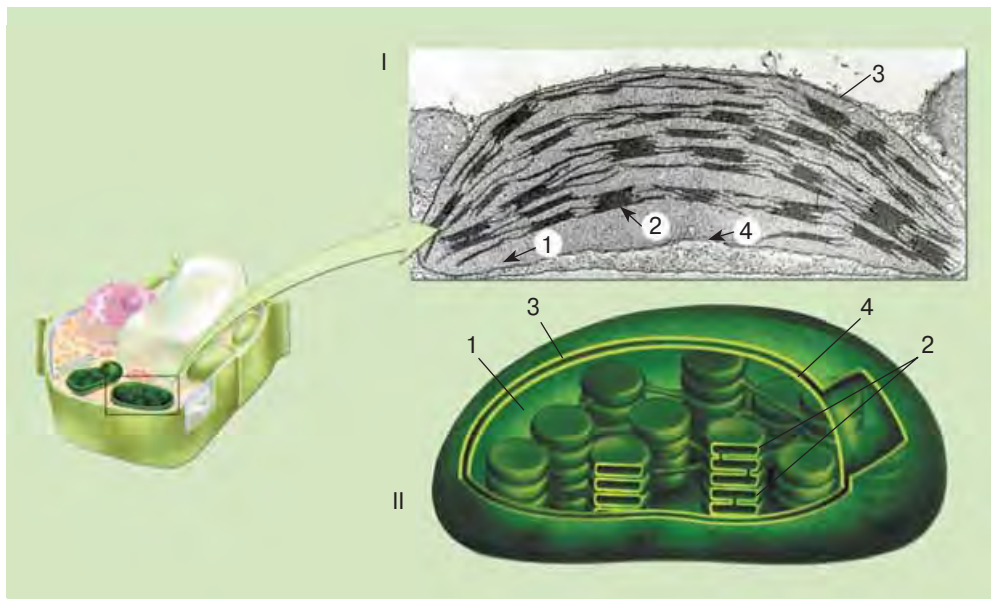
Основна функція хлоропластів – здійснення фотосинтезу. Крім того, у них, як і в мітохондріях, на мембрані тилакоїдів є АТФ-соми (див. мал. 21.2) та відбувається синтез АТФ. Також у хлоропластах синтезуються деякі ліпіди, білки мембран тилакоїдів, ферменти, які забезпечують реакції фотосинтезу.

Лейкопласти (від грец. *лейкос* – безбарвний) – безбарвні пластиди різноманітної форми, в яких запасуються деякі сполуки (крохмаль, білки тощо). На відміну від хлоропластів, у лейкопластів внутрішня мембрана



Мал. 21.2. Схема будови АТФ-соми – структури, до складу якої входять ферменти, що забезпечують синтез молекул АТФ: 1 – АТФ-сома; 2 – внутрішня мембрана мітохондрії





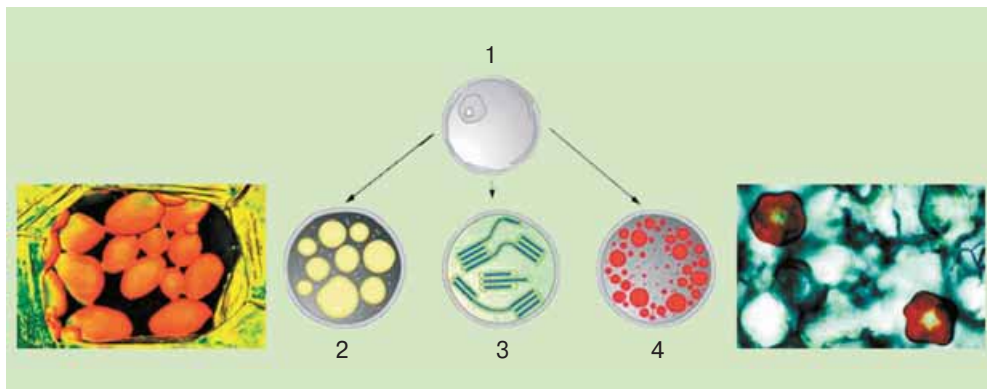
Мал. 21.3. Внутрішня будова хлоропласта: I. Фотографія, зроблена за допомогою електронного мікроскопа. II. Схема будови: 1 – строма; 2 – грани тилакоїдів; 3 – зовнішня мембрана; 4 – внутрішня мембрана

може утворювати лише нечисленні тилакоїди. У стромі лейкопластів містяться рибосоми, ДНК, різні типи РНК, а також ферменти, які забезпечують синтез і розщеплення запасних речовин (крохмалю, білків тощо). Лейкопласти можуть бути повністю заповнені зернами крохмалю.

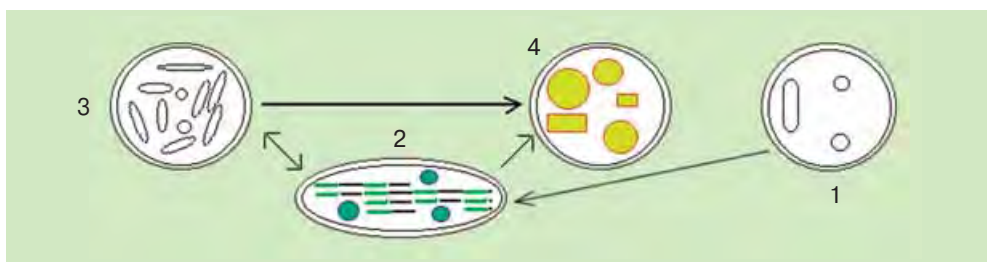
Хромопласти (від грец. *хроматос* – колір, фарба) – пластиди, забарвлені в різні кольори (наприклад, жовтий, червоний, фіолетовий). Забарвлення цим пластидам надають різні пігменти (переважно каротиноїди), які в них накопичуються. Оскільки хлорофіл у них відсутній, зеленого забарвлення вони не мають. Хромопласти надають певного забарвлення пелюсткам квіток, плодам, листкам та іншим частинам рослин. Внутрішня система мембран у хромопластах відсутня або ж утворена окремими тилакоїдами.

• **Зв'язки між пластидами різних типів.** Пластиди різних типів мають спільне походження: усі вони виникають з первинних пластид клітин твірної тканини – дрібних (до 1 мкм) пухирців, оточених двома мембранами (мал. 21.4). Крім того, пластиди одного типу здатні перетворюватися на пластиди іншого (мал. 21.5). Так, на світлі в первинних пластидах формується внутрішня система мембран, синтезується хлорофіл і вони перетворюються на хлоропласти. Те саме характерно і для лейкопластів, які здатні перетворюватися на хлоропласти або хромопласти. Під час старіння листків, стебел, дозрівання плодів у хлоропластах може руйнуватися хлорофіл, спрощується будова внутрішньої мембранної системи і вони перетворюються на хромопласти. Хромопласти є кінцевим етапом розвитку пластид: на пластиди інших типів вони не перетворюються.





Мал. 21.4. Схема утворення пластид: 1 – первинна пластида; 2 – лейкопласт; 3 – хлоропласт; 4 – хромопласт



Мал. 21.5. Схема взаємопереходів одних пластид в інші: 1 – первинна пластида; 2 – хлоропласт; 3 – лейкопласт; 4 – хромопласт

• **Автономія мітохондрій і хлоропластів у клітині.** Хлоропласти та мітохондрії, на відміну від інших органел, характеризуються певною мірою незалежним (автономним) функціонуванням від інших частин клітини. Чим це зумовлене? *По-перше*, ці органели містять власну спадкову інформацію – кільцеву молекулу ДНК, яка нагадує молекулу ДНК з ядерної зони клітин прокаріотів. *По-друге*, мітохондрії і пластиди мають апарат, який здійснює синтез власних білків (рибосоми, а також усі види РНК). До того ж, на відміну від інших органел, мітохондрії та пластиди не виникають з інших мембранних структур клітини, а розмножуються поділом.

Молекули ДНК у мітохондріях і пластидах забезпечують механізми цитоплазматичної спадковості, бо здатні зберігати та передавати під час поділу цих органел певну частину спадкової інформації.

Існування генів, розташованих в органелах, здатних до самовідтворення, – мітохондріях і пластидах, було виявлено ще на початку XX ст. під час вивчення успадкування зелених і безбарвних пластид у деяких квіткових рослин із мозаїчним забарвленням листків. Позаядерні гени взаємодіють з ядерними і перебувають під контролем ядерної ДНК.

Цитоплазматична спадковість, пов'язана з генами пластид, відома для таких квіткових рослин, як ротики, нічна красуня тощо. У них є форми зі строкатими листками, причому ця ознака передається через яйцеклітину. Строкатість листків визначається тим, що частина пластид не здатна утворювати хлорофіл.



Унаслідок поділу клітин з безбарвними пластидами в листках виникають світлі плями, які чергуються із зеленими ділянками. Таке успадкування пояснюють тим, що під час утворення статевих клітин пластиди потрапляють до яйцеклітин, а не до спермій. Пластиди, які розмножуються поділом, мають певну спадкову безперервність: зелені пластиди дають початок зеленим, а лейкопласти – безбарвним. Під час поділу клітини пластиди різних типів розподіляються випадково, унаслідок чого утворюються клітини з безбарвними, зеленими чи пластидами обох кольорів.

Явище цитоплазматичної спадковості, пов'язаної з мітохондріями, вивчали на прикладі дріжджів. У мітохондріях цих грибів виявлені гени, що визначають відсутність або наявність дихальних ферментів, а також стійкість до певних антибіотиків.

Ключові терміни та поняття. Кристи, АТФ-соми, ламели, тилакоїди, грани.

Коротко
про
головне

- ▶ Мітохондрії та пластиди – органели клітин еукаріотів, поверхневий апарат яких складається з двох мембран.
- ▶ Зовнішня мембрана мітохондрій гладенька, а внутрішня утворює вгини всередину – кристи. На поверхні внутрішньої мембрани є грибоподібні утвори – АТФ-соми, які містять комплекс ферментів, необхідних для синтезу АТФ. Внутрішній простір мітохондрій заповнений напіврідкою речовиною – матриксом, де містяться рибосоми, молекули ДНК, іРНК, тРНК тощо. Основна функція мітохондрій – синтез АТФ.
- ▶ Пластиди – органели клітин рослин і деяких одноклітинних тварин (евглена тощо). Три відомі типи пластид – хлоропласти, хромопласти, лейкопласти – різняться забарвленням, особливостями будови та функціями.
- ▶ Хлоропласти – пластиди зеленого кольору, який зумовлений пігментом хлорофілом. У них відбуваються процеси фотосинтезу. Зовнішня мембрана хлоропластів гладенька, а внутрішня утворює вирости, спрямовані всередину строми. З внутрішньою мембраною пов'язані тилакоїди, які нагадують сплюснені цистерни. Вони зібрані в грани та містять пігменти (зокрема, хлорофіли) та ферменти, необхідні для здійснення фотосинтезу.
- ▶ Лейкопласти – безбарвні пластиди різноманітної форми, в яких запасуються деякі сполуки (крохмаль, білки тощо). Хромопласти – пластиди, забарвлені в різні кольори. Вони надають певного забарвлення пелюсткам квіток, плодам, листкам тощо. Внутрішня мембрана в лейкопластів і хромопластів утворює нечисленні тилакоїди. Пластиди одного типу здатні перетворюватися на пластиди іншого. Лише хромопласти нездатні до перетворень, бо є кінцевим етапом існування пластид.
- ▶ Хлоропласти та мітохондрії, на відміну від інших органел, характеризуються певним ступенем автономії в клітині. Вони містять власну спадкову інформацію – кільцеву молекулу ДНК, а також апарат, який здійснює синтез власних білків. На відміну





від інших органел, мітохондрії та пластиди не виникають з інших мембранних структур клітини, а розмножуються шляхом поділу.



Запитання для самоконтролю

1. Яка будова поверхневого апарату мітохондрій і пластид? 2. Як будова мітохондрій пов'язана з їхніми функціями? 3. Які ви знаєте типи пластид? 4. Яка будова хлоропластів? 5. Які функції хлоропласти виконують у клітині? 6. Яка будова і функції лейкопластів і хромопластів? 7. Які взаємні переходи можливі між пластидами різних типів? 8. Чому функціонування мітохондрій і хлоропластів у клітині відносно незалежне від інших її структур?



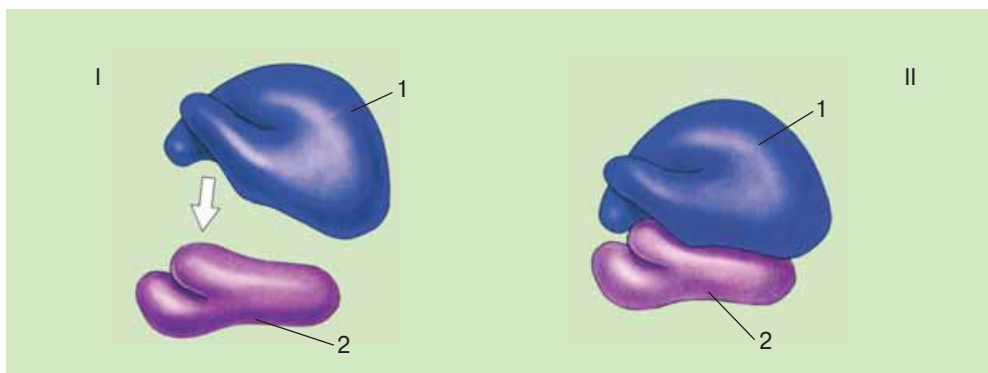
Поміркуйте. Деякі вчені вважають, що клітини еукаріотів виникли внаслідок тісного симбіозу декількох прокаріотичних організмів. Які особливості будови і властивостей мітохондрій і хлоропластів лягли в основу цього припущення?

§ 22. РИБОСОМИ. ОРГАНЕЛИ РУХУ. КЛІТИННИЙ ЦЕНТР

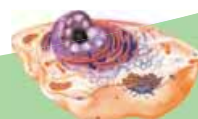


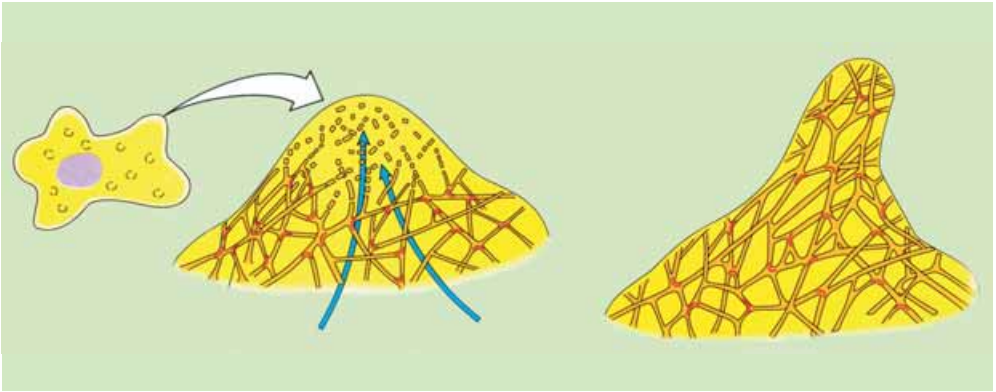
Пригадайте: які органели руху притаманні одноклітинним еукаріотам? Як відбувається фагоцитоз? Що таке імунітет та які види імунітету вам відомі?

• **Рибосоми** (від *рибонуклеїнова кислота* та грец. *сома* – тільце) – позбавлені поверхневої мембрани органели, які беруть участь у синтезі білків. Вони трапляються в клітинах як прокаріотів, так і еукаріотів, мають вигляд сферичних тілець, що складаються з двох різних за розмірами частин – *субодиниць*: великої та малої (мал. 22.1). Кожна із субодиниць складається зі сполучених між собою рРНК і білків. Субодиниці рибосом можуть роз'єднуватися після завершення синтезу білкової молекули і знову сполучатися між собою перед його початком.



Мал. 22.1. Будова рибосоми: I. Роз'єднані велика (1) та мала (2) субодиниці. II. Велика (1) та мала (2) субодиниці в складі рибосоми





Мал. 22.2. Схема утворення псевдоподії (стрілочками зазначено напрямок руху цитоплазми). Зверніть увагу, що під час утворення псевдоподії збільшується число мікротрубочок

Субодиноці утворюються в ядрі: на молекулі ДНК синтезується рРНК, яка сполучається з особливими рибосомними білками, що надходять із цитоплазми. Готові субодиноці транспортуються до цитоплазми. Рибосоми мітохондрій і пластид менші від цитоплазматичних за розмірами, але схожі за будовою. Число рибосом у клітині залежить від інтенсивності процесів біосинтезу білків.

У клітинах багатьох одноклітинних і багатоклітинних тварин і рослин є **органели руху**: несправжні ніжки (псевдоподії), джгутики і війки.

- **Псевдоподії** (від грец. *псевдос* – несправжній і *подос* – нога) – непостійні вирости цитоплазми клітин деяких одноклітинних (наприклад, амеб, форамініфер, радіолярій) (мал. 22.2) або багатоклітинних тварин (наприклад, лейкоцити). Кількість і форма псевдоподій досить мінливі. В утворенні псевдоподій беруть участь елементи цитоскелета.

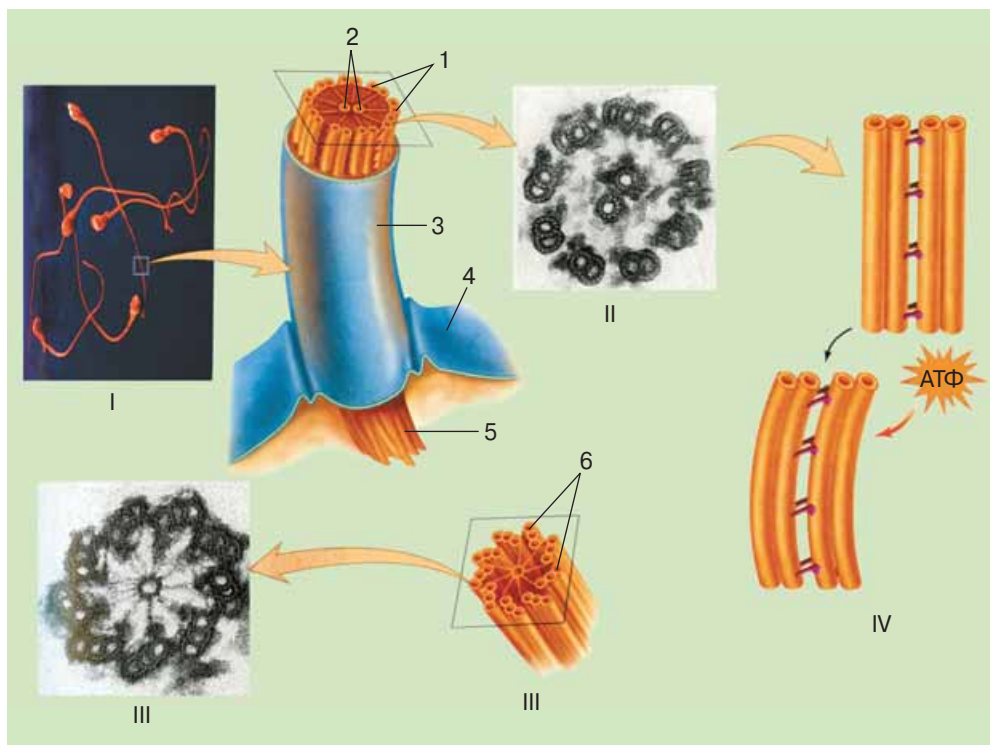
- **Джгутики** та **війки** відомі в багатьох одноклітинних організмів (хламідомонада, вольвокс, евглена, інфузорії), а також притаманні деяким клітинам багатоклітинних (війчасті клітини епітелію дихальних шляхів ссавців, сперматозоїди тварин, вищих спорових рослин тощо).

Джгутики і війки мають вигляд тоненьких виростів цитоплазми (діаметром приблизно 0,25 мкм), укритих плазматичною мембраною. Усередині цих органел розташована складна система мікротрубочок. На поперечному зрізі через позаклітинну частину джгутика або війки помітно, що по периферії розташоване кільце із дев'яти комплексів мікротрубочок, по дві в кожному, і ще дві мікротрубочки – у центрі (мал. 22.3).

Центральні мікротрубочки виконують опорну функцію, а периферичні – забезпечують рух. Частина джгутиків і війок, розташована в цитоплазмі, має назву *базального* (від грец. *базіс* – основа) *тільця*. Воно складається з дев'яти периферичних комплексів по три мікротрубочки в кожному.

Джгутики і війки рухаються за рахунок вивільнення енергії АТФ, при цьому сусідні пари мікротрубочок неначе ковзають одна відносно одної. Хоча будова джгутиків і війок подібна, характер їхньої роботи різний

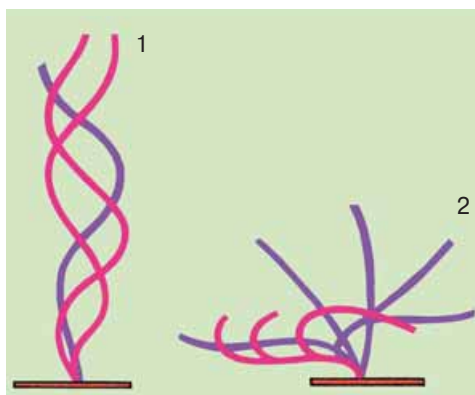




Мал. 22.3. Будова джгутиків: I. Джгутики сперматозоїдів. II. Зріз через вільну частину джгутика: 1 – периферичні групи з двох мікротрубочок, розташовані по периферії джгутика; 2 – пара центральних мікротрубочок; 3 – мембрана, що оточує вільну частину джгутика; 4 – плазматична мембрана; 5 – базальне тільце. III. Зріз через базальне тільце: 6 – периферичні групи з трьох мікротрубочок. IV. Рух джгутиків забезпечує енергія АТФ

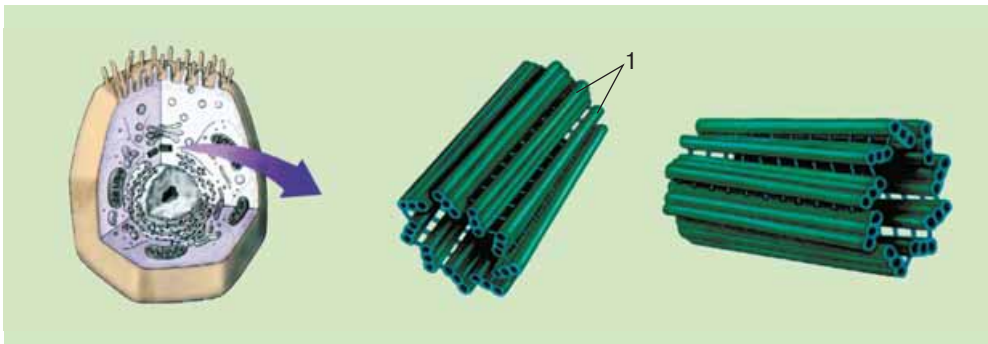
(мал. 22.4). Робота війок загалом нагадує веслування і зазвичай скоординована (наприклад, в інфузорій). Для джгутиків характерний обертовий або хвилеподібний рух. Робота джгутиків і війок забезпечує не лише пересування, а й надходження частинок їжі до поверхні клітини разом з потоками води, які вони створюють (наприклад, рух джгутиків травних клітин гідри). Джгутики і війки можуть також виконувати чутливу (наприклад, у війчастих червів) і захисну (війки епітелію носової порожнини) функції.

Базальні тільця джгутиків і війок за будовою нагадують центріолі, які входять до складу клітинного центру.



Мал. 22.4. Схеми роботи джгутиків (1) і війок (2)





Мал. 22.5. Схема будови центріолей: 1 – групи мікротрубочок по три в кожній

• **Клітинний центр** – органела, яка складається з двох центріолей, розташованих у світлій ущільненій ділянці цитоплазми (мал. 22.5). **Центріолі** мають вигляд порожнього циліндра, який складається з дев'яти комплексів мікротрубочок, по три в кожному. У періоди між поділами центріолі розташовані поблизу ядра, зазвичай поруч із комплексом Гольджі. Під час поділу клітини центріолі розходяться до її полюсів і слугують центрами організації ниток веретена поділу. Тому кожна центріоля потрапляє до однієї з дочірніх клітин. Центріолі подвоюються в період між поділами, при цьому нова утворюється шляхом самозбирання.

Крім того, центріолі беруть участь у формуванні мікротрубочок цитоплазми, джгутиків і війок. Але функції центріолей ще остаточно не з'ясовані. Так, у клітинах, де центріолі відсутні, процеси формування мікротрубочок веретена поділу та органел руху відбуваються і без їхньої участі. У деяких водоростей, у клітині яких немає центріолей, функцію центру організації веретена поділу виконують базальні тільця джгутиків.

Ключові терміни та поняття. Рибосоми, псевдоподії, базальне тільце, центріолі.

Коротко
про
головне

- ▶ Рибосоми – немембранні органели клітин прокаріотів та еукаріотів, які беруть участь у синтезі білків. Розташовані в цитоплазмі, мітохондріях і пластидах. Мають вигляд сферичних тілець, що складаються з двох різних за розмірами частин – великої та малої субодиниць. Кожна з субодиниць складається із сполучених між собою рРНК і білків та утворюється в ядрі.
- ▶ До органел руху клітини належать псевдоподії (несправжні ніжки), джгутики і війки. Псевдоподії – непостійні вирости цитоплазми. Вони забезпечують пересування клітини та захоплюють тверді частинки їжі тощо (процес фагоцитозу).
- ▶ Джгутики та війки – це тоненькі постійні вирости цитоплазми. Усередині цих органел розташовані пучечки мікротрубочок. Робота війок зазвичай скоординована та нагадує веслування, а для джгутиків характерний обертовий або хвилеподібний рух.





- Клітинний центр складається з двох центріолей, розташованих у світлій ущільненій ділянці цитоплазми. Центріолі за будовою нагадують базальні тільця джгутиків і війок. Вони беруть участь у формуванні веретена поділу та мікротрубочок цитоплазми, джгутиків і війок.



Запитання для самоконтролю

1. Які будова та функції рибосом? 2. Де і як утворюються рибосоми? 3. Які будова та функції псевдоподій? 4. Що спільного і відмінного в будові та роботі джгутиків і війок? 5. Що таке клітинний центр? 6. Які будова і функції центріолей?



Поміркуйте. Які клітини організму людини і тварин мають псевдоподії, джгутики або війки? Які їхні функції?

§ 23. БУДОВА КЛІТИН ПРОКАРІОТІВ. ГІПОТЕЗИ ПОХОДЖЕННЯ ЕУКАРІОТІВ



Пригадайте: яка будова і функції плазматичної мембрани, що таке хромосоми, спори, інцистування? Що таке еукаріоти? Які функції ДНК в клітині? Що таке антигени?

Протягом 3,8–2,5 млрд років тому, коли ще не було ані рослин, ані тварин чи грибів, на нашій планеті існували лише прокаріоти.

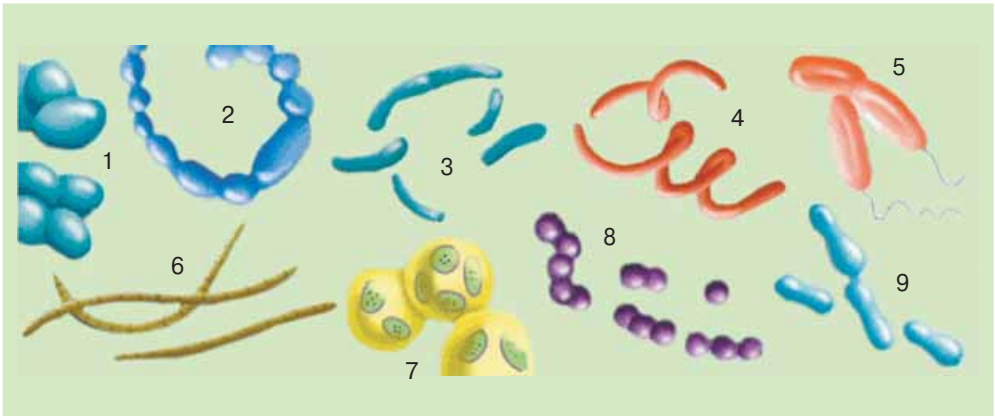
• **Будова клітин прокаріотів.** Ви вже знаєте, що залежно від рівня організації клітини, зокрема наявності ядра, усі організми поділяють на прокаріотів і еукаріотів (рослини, гриби, тварини).

Прокаріоти (від лат. *про* – перед, замість та грец. *каріон* – ядро) – надцарство організмів, до складу якого входять царства Археї (Архебактерії) та Справжні бактерії (Еубактерії). До справжніх бактерій належать власне бактерії та ціанобактерії (застаріла назва – «синьо-зелені водорості»).

Археї (Архебактерії) – група прокаріотів, які від справжніх бактерій відрізняються особливостями будови та процесів життєдіяльності. Зокрема, їхні клітини мають менші розміри, а кільцева молекула ДНК зазвичай оточена особливими білками – гістонами та дещо нагадує хромосому еукаріотичних клітин. Серед архей переважають гетеротрофи, однак також відомі автотрофи – хемосинтетики (отримують енергію для біосинтезу внаслідок екзотермічних окисно-відновних реакцій сполук Сульфуру) та фотосинтетики; останні не містять хлорофілу, і процес фотосинтезу у них дуже мало вивчений.

Клітини прокаріотів мають поверхневий апарат і цитоплазму, в якій розташовані нечисленні органели та різноманітні включення. Прокаріотичні клітини не мають більшості органел (мітохондрій, пластид, ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, лізосом, клітинного центру тощо). Прокаріоти – мікроскопічні організми. Розміри їхніх клітин зазвичай варіюють у межах 0,2–30 мкм у діаметрі або завдовжки. Інколи трапляються і більші за розмірами клітини. Наприклад, деякі види роду Спірохета можуть сягати до 250 мкм завдовжки. Форма клітин прокаріотів різноманітна: куляста, паличкоподібна, у вигляді коми або спірально закрученої нитки тощо (мал. 23.1). Усі прокаріоти – одноклітинні організми, клітини яких після поділу часто здатні залишатися сполученими своїми





Мал. 23.1. Різні форма клітин прокаріотів: 1 – коки; 2 – стрептокок; 3 – вібріони; 4 – спірили; 5 – бацили зі джгутиками; 6 – археї; 7 – колонії бактерій; 8 – ланцюжки з клітин коків; 9 – метаноутворюючі бактерії

стінками та утворювати колонії у вигляді ниток, грон тощо. Іноді колонії оточені спільною слизовою оболонкою – капсулою. У колоніальних ціанобактерій контакти між сусідніми клітинами мають вигляд мікроскопічних каналців, заповнених цитоплазмою.

До складу **поверхневого апарату** клітин прокаріотів входять плазматична мембрана, клітинна стінка (мал. 23.2), інколи – слизова капсула. У більшості бактерій клітинна стінка складається з високомолекулярної органічної сполуки муреїну. Ця сполука утворює сітчасту структуру, яка надає клітинній стінці жорсткості. У ціанобактерій до складу зовнішнього шару клітинної стінки входять полісахарид пектин та особливі скоротливі білки. Вони забезпечують особливу форму руху – ковзання або обертання.

До складу клітинної стінки часто входить тоненький шар – так звана зовнішня мембрана, що подібно до плазматичної мембрани містить білки, фосфоліпіди та інші речовини (мал. 23.2). Вона забезпечує підвищений ступінь захисту вмісту клітини. Зокрема, на таких бактерій не діють деякі антибіотики (наприклад, пеніцилін, актиноміцин). Клітинна стінка бактерій має **антигенні властивості**, тобто організм, у який потрапляє бактерія, сприймає її як чужорідне, невласне йому тіло. Завдяки цьому певні лейкоцити «впізнають» хвороботворні бактерії

Мал. 23.2. Схема будови клітинної стінки прокаріотів: I. Плазматична мембрана. II. Клітинна стінка: 1 – зовнішня мембрана; 2 – муреїн; 3 – ліпіди; 4 – білки





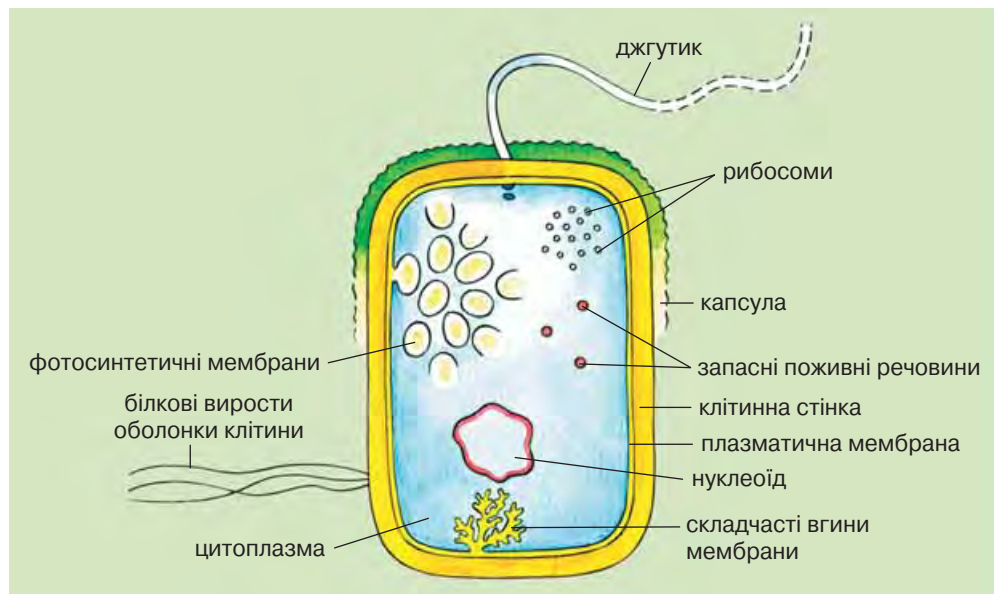
та виробляють до них антитіла. (Пригадайте, як антитіла знешкоджують антигени.)

Ліпіди та полісахариди клітинної стінки дають змогу бактеріям прилипати до різних поверхонь (клітин еукаріотів, емалі зубів тощо), а також злипатися між собою. **Слизова капсула** складається з полісахаридів. Вона не дуже міцно зв'язана з клітиною і легко руйнується під дією певних сполук. Поверхня клітин деяких бактерій укрита численними тоненькими ниткоподібними виростами. За їхньої участі клітини бактерій обмінюються спадковою інформацією, зчіпляються між собою або прикріплюються до субстрату.

Рибосоми прокаріотів дрібніші за рибосоми еукаріотичних клітин. Плазматична мембрана може утворювати гладенькі або складчасті вгини у цитоплазму. На складчастих мембранних вгинах містяться дихальні ферменти та рибосоми, а на гладеньких – фотосинтезуючі пігменти (мал. 23.3). У клітинах деяких бактерій (наприклад, пурпурних) фотосинтезуючі пігменти містяться у замкнених мішкоподібних структурах, утворених вгинами плазматичної мембрани. Такі мішечки можуть бути розташовані поодинокі або ж зібрані в купки. Подібні утвори ціанобактерій називають тилакоїдами; вони містять хлорофіл і розташовані поодинокі у поверхневому шарі цитоплазми.

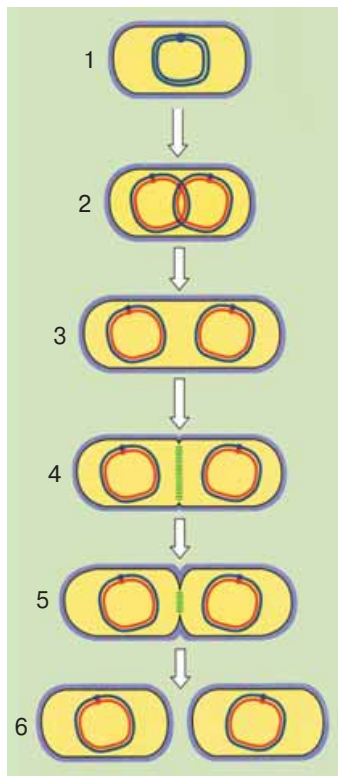
У деяких бактерій і ціанобактерій – мешканців водойм або капілярів ґрунту, заповнених водою, є особливі заповнені газовою сумішшю **газові вакуолі**. Змінюючи об'єм вакуоль, бактерії можуть переміщуватись у товщі води з мінімальними витратами енергії.

Пригадайте: замість ядер у клітинах прокаріотів є ядерні зони – нуклеоїди, де розташований спадковий матеріал – кільцеві молекули ДНК (мал. 23.3). Крім того, у цитоплазмі трапляються невеликі кільцеві молекули ДНК, позахромосомні фактори спадковості – плазміді. Вони здатні подвоюватися незалежно від молекул ДНК ядерної зони.



Мал. 23.3. Схема будови клітини прокаріотів





Мал. 23.4. Послідовні стадії поділу бактеріальної клітини: 1 – материнська клітина; 2, 3 – подвоєння молекули ДНК в ядерній зоні; 4, 5 – поділ цитоплазми; 6 – утворення дочірніх клітин

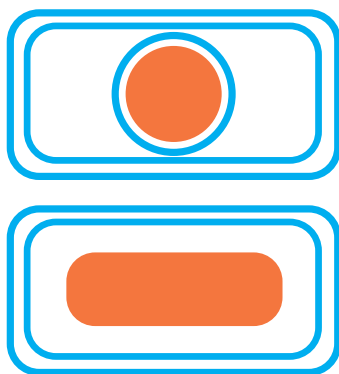
У багатьох справжніх бактерій є один, декілька або багато джгутиків (мал. 23.3). Джгутики можуть бути в декілька разів довші за саму клітину, проте їхній діаметр незначний (10–25 нм). Джгутики прокаріотів лише зовні нагадують джгутики еукаріотичних клітин та складаються з однієї трубочки, утвореної особливим білком. Клітини ціанобактерій позбавлені джгутиків.

• **Особливості процесів життєдіяльності прокаріотів.** Клітини прокаріотів можуть поглинати сполуки лише з незначною молекулярною масою. Їхнє надходження в клітину забезпечують механізми дифузії та активного транспорту.

Клітини прокаріотів розмножуються виключно нестатевим шляхом: поділом навпіл (мал. 23.4), зрідка – брунькуванням. Перед поділом спадковий матеріал клітини (молекула ДНК) подвоюється. Клітина видовжується, а потім утворюється поперечна перегородка, що

ніби «вростає» всередину клітини. Після цього дочірні клітини розходяться. Якщо вони залишаються сполученими між собою, то утворюються колонії у вигляді грон (стафілокок), ниток (стрептокок) тощо.

• **Перенесення прокаріотами несприятливих умов.** За настання несприятливих умов у деяких прокаріотів відбувається **споруутворення** (мал. 23.5). При цьому частина цитоплазми материнської клітини вкривається багат шаровою оболонкою, утворюючи спору.



1 у деяких випадках вони можуть витримувати кип'ятіння протягом кількох годин. Вони також витримують значні дози іонізуючого опромінення, впливи різних хімічних сполук тощо. Спори прокаріотів не є формою нестатевого розмноження, а слугують для тривалого збереження життєздатності в несприятливих умовах. Так, у ґрунті, що прилип до коренів засушених рослин з одного гербарію у Великобританії, були виявлені життєздатні спори, вік яких перевищував 300 років. Учені припускають, що в деяких випадках спори бактерій здатні зберігати життєздатність і до 1000 років. У сприятли-

Мал. 23.5. Схема утворення спор всередині клітини (1) та цисти (2) (додаткова оболонка оточує клітину ззовні)



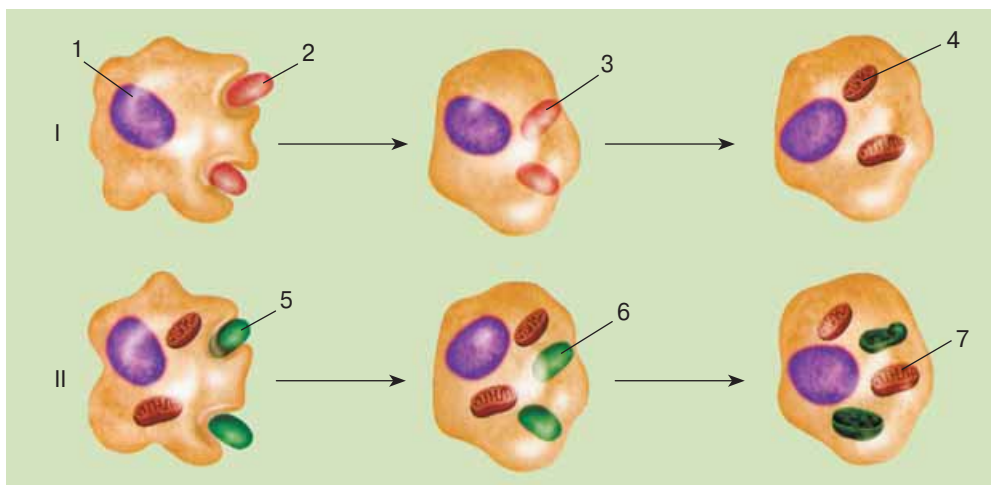


вих умовах спори «проростають», тобто клітини покидають оболонку та розпочинають активну життєдіяльність.

Деякі прокаріоти здатні до **інцистування** (від лат. *in* – в, всередині та грец. *кистіс* – міхур) (мал. 23.5). При цьому щільною оболонкою вкривається вся клітина. Цисти прокаріотів стійкі до дії радіації, висушування, але, на відміну від спор, нездатні переносити дію високих температур. Крім перенесення періодів несприятливих умов, спори та цисти забезпечують поширення прокаріотів: з водою, вітром чи за участі інших організмів.

• **Гіпотези походження клітин еукаріотів.** У сучасній біологічній науці поширені уявлення про те, що еукаріотична клітина могла виникнути внаслідок симбіозу декількох прокаріотичних (мал. 23.6). Такі погляди базуються на явищі автономності мітохондрій, хлоропластів та інших клітинних структур. Уперше цю ідею ще наприкінці XIX ст. висловив російський учений М. Цвет. Його погляди в 20–40-х роках XX ст. детально розвинув інший російський учений – К. Мережковський. Остаточню ж **гіпотезу симбіогенезу (ендосимбіотична гіпотеза)** сформулювала американський біолог Л. Маргеліс у 60–70-ті роки XX ст.

Основні положення ендосимбіотичної гіпотези такі. Біологи-теоретики припускають, що ядро та одномембранні органели (ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, вакуолі тощо) могли виникнути внаслідок вп'ячування плазматичної мембрани всередину клітини. Вважають, що така гіпотетична первинна еукаріотична клітина за допомогою фагоцитозу захопила аеробну гетеротрофну прокаріотичну клітину, що збереглася в цитоплазмі як автономна структура – мітохондрія. Симбіоз з автотрофною клітиною ціанобактерій зумовив становлення іншої автономної органели – пластиди. Появу джгутиків пов'язують із симбіозом клітини-



Мал. 23.6. Ендосимбіотична гіпотеза походження еукаріотичної клітини: I. Клітина з ядром вступає в симбіоз з аеробною бактерією, що дає початок мітохондрії. II. Клітина з ядром вступає в симбіоз із здатною до фотосинтезу ціанобактерією, що дає початок хлоропласту: 1 – ядро; 2 – аеробна бактерія; 3 – первинна мітохондрія; 4 – мітохондрія; 5 – ціанобактерія; 6 – первинний хлоропласт; 7 – хлоропласт



хазяїна з рухливою спірохетоподібною прокаріотичною клітиною. Базальні тільця джгутиків, можливо, трансформувались у центріолі та інші структури, завдяки яким стали можливими особливі форми поділу еукаріотичної клітини – мітоз і мейоз.

Учені-еволюціоністи вважають, що подальші зміни первинних еукаріотичних клітин сприяли появі тварин, грибів і рослин. Зокрема, становлення тваринних клітин пов'язують з удосконаленням фагоцитозу, грибів – живлення розчинами органічних сполук, рослин – фотосинтезу.

Експериментально ендосимбіотичну гіпотезу, незважаючи на тривалі лабораторні дослідження, довести чи спростувати не вдалося, тому справжні причини появи на планеті Земля еукаріотичних клітин, а також тварин, рослин і грибів досі невідомі.

Ключові терміни та поняття. Прокаріоти, кон'югація, споруутворення, інцистування.

- ▶ Клітини прокаріотів – не мають ядра та багатьох органел (мітохондрій, пластид, ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, лізосом, клітинного центру тощо). Прокаріоти – одноклітинні організми, клітини яких після поділу часто залишаються сполученими своїми стінками, утворюючи колонії.
- ▶ Поверхневий апарат клітин прокаріотів включає плазматичну мембрану, клітинну стінку, іноді – розміщену над нею слизову капсулу. До складу клітинної стінки більшості бактерій входить високомолекулярна органічна сполука муреїн, яка надає їй жорсткості.
- ▶ У цитоплазмі прокаріотів розташовані дрібні рибосоми та різноманітні включення. Плазматична мембрана може утворювати гладенькі або складчасті вгини в цитоплазму. На складчастих мембранних вгинах розміщені дихальні ферменти та рибосоми, на гладеньких – фотосинтезуючі пігменти.
- ▶ У клітинах прокаріотів є одна чи дві ядерні зони – нуклеоїди, де розташований спадковий матеріал – кільцева молекула ДНК.
- ▶ Клітини деяких бактерій мають органели руху – один, декілька або багато джгутиків.
- ▶ Клітини прокаріотів розмножуються поділом навпіл, зрідка – брунькуванням. Для деяких видів відомий процес кон'югації, під час якої клітини обмінюються молекулами ДНК. Спори та цисти забезпечують прокаріотам переживання несприятливих умов та поширення в біосфері.



Запитання для самоконтролю

1. Чим клітини прокаріотів за будовою відрізняються від клітин еукаріотів?
2. Яка будова поверхневого апарату клітин прокаріотів?
3. Які внутрішньоклітинні структури є в прокаріотів?
4. Як розмножуються прокаріоти?
5. Яке біологічне значення процесів споруутворення та інцистування в прокаріотів?

Поміркуйте. Чим можна пояснити простішу будову клітин прокаріотів порівняно з еукаріотами? Відповідь обґрунтуйте.





ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ОДНОМЕМБРАННИХ ОРГАНЕЛ¹

Мета: ознайомитися з будовою одномембранних органел у клітинах тварин і рослин.

Матеріали та обладнання: цибулина цибулі ріпчастої, мікроскоп, препарувальний набір, піпетки, фільтрувальний папір, предметні та накривні скельця, розчин йодиду калію, культура живих інфузорій або постійні мікропрепарати інфузорії-туфельки, таблиці «Будова клітини» та «Інфузорія-туфелька», електронно-мікроскопічні фотографії тваринних та рослинних клітин.



Варіант 1

Хід роботи

1. Ретельно протріть предметне скло серветкою. Піпеткою нанесіть на нього 1–2 краплі слабкого розчину йодиду калію (він забарвлює цитоплазму у світло-жовтий колір). Зайвий розчин видаліть за допомогою фільтрувального паперу.
2. Скальпелем або лезом безпечної бритви від соковитої луски цибулини відріжте смужку завширшки 3–4 мм, переламайте її навпіл і зніміть пінцетом тоненьку верхню шкірку з однієї з половинок. Шматочок шкірки покладіть у краплину йодиду калію на предметному склі та розправте його препарувальною голкою.
3. Сухе накривне скельце вертикально поставте поруч із краплиною йодиду калію і обережно опустіть його на неї.
4. Виготовлений препарат покладіть на предметний столик мікроскопа і розгляньте його, використовуючи об'єктив малого збільшення.
5. Роздивіться контури клітинних стінок, у яких подекуди помітні отвори – пори.
6. Повільно переміщуючи препарат по столику, виберіть у полі зору 3–4 клітини. При більшому збільшенні мікроскопа (об'єктив 20 \times) знайдіть великі вакуолі, які можуть займати майже весь об'єм клітини. Завдяки цьому зерниста цитоплазма золотистого кольору набуває вигляду тяжів або пристінкового шару.
7. Не зміщуючи препарат на предметному столику, замініть об'єктив (застосуйте об'єктив більшого збільшення).
8. Порівняйте клітини, побачені вами у полі зору мікроскопа, із зображеннями на таблицях.
9. Зробіть висновки.

Варіант 2

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Приготуйте тимчасовий препарат інфузорії-туфельки.

¹Виконуються учнями за вибором учителя з урахуванням матеріально-технічних можливостей.



3. При малому збільшенні мікроскопа на тимчасовому чи постійному мікропрепаратах знайдіть окремі інфузорії.
4. При великому збільшенні мікроскопа (бажано на постійному мікропрепараті) знайдіть та роздивіться скоротливі та травні вакуолі.
5. Порівняйте клітини, побачені вами у полі зору мікроскопа, із зображеннями на таблицях.
6. Зробіть висновки.

Варіант 3

Хід роботи

1. Розгляньте електронно-мікроскопічні фотографії тваринних і рослинних клітин.
2. Визначте, які з одномембранних органел помітні.
3. Охарактеризуйте ці органели, заповнивши таблицю за зразком:

Органела	Особливості будови	Функції	У клітинах яких організмів трапляються
1. ...			
2. ...			

4. Зробіть висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ДВОМЕМБРАННИХ ОРГАНЕЛ

Мета: ознайомитися з різноманітністю двомембранних органел.

Обладнання, матеріали та об'єкти дослідження: елодея, традесканція, стиглі плоди горобини, шипшини, перцю, глоду, коренеплоди моркви; препарувальний набір, предметні і накривні скельця; фільтрувальний папір; мікроскоп, таблиці, підручник.

Варіант 1

Розгляньте хлоропласти в клітинах елодеї

Хід роботи

1. Витримайте елодею у теплій воді (+20...25 °С) протягом 30–40 хв при яскравому освітленні.
2. Виготовте тимчасовий мікроскопічний препарат: відокремте листок елодеї, помістіть його на предметне скло у краплину води. Додайте водний розчин йоду з йодидом калію (для цього у невеликій кількості води розчиняють 0,5 г йодиду калію, додають 1 г кристалічного йоду і доводять об'єм розчину до 100 см³). Накрийте листок елодеї накривним скельцем.
3. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на колір і форму хлоропластів у клітинах.
4. Замалюйте одну клітину листка елодеї з хлоропластами. Підпишіть на малюнку структури клітини, які ви помітили за допомогою мікроскопа.
5. Зробіть висновки.



**Варіант 2**

Розгляньте хромопласти в клітинах стиглих плодів шипшини, горобини, перцю чи коренеплоду моркви

Хід роботи

1. Ретельно протріть предметне і накривне скельця сухою серветкою. Піпеткою нанесіть на предметне скло краплину води.
2. Препарувальною голкою надіrvіть шкірку оплодня шипшини (горобини), наберіть на кінчик голки трохи забарвленого м'якуша та внесіть його у воду на предметному склі. Голкою злегка розіrvіть м'якуш і накрійте накривним скельцем.
3. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть місце, де клітини лежать найменш скупчено, і роздивіться хромопласти. Зверніть увагу на форму, колір і кількість цих пластид.
4. При великому збільшенні детальніше розгляньте окремий хромопласт. Зверніть увагу на особливості клітини: ядро і цитоплазма можуть бути непомітними, а клітинна стінка – тоненька, без потовщень.
5. Замалюйте 2–3 клітини із хромопластами.
6. У такій само послідовності приготуйте тимчасові мікроскопічні препарати тканин плодів перцю, коренеплодів моркви.
7. Порівняйте особливості будови хромопластів різних рослин і відзначте риси подібності та відмінності між ними.
8. Замалюйте поруч одна з одною по одній клітині з хромопластами різних рослин і підпишіть малюнок, вказавши назву кожної рослини.
9. Зробіть висновки.

Варіант 3

Розгляньте лейкопласти в клітинах шкірки листка традесканції

Хід роботи

1. Окремий листок традесканції обгорніть на вказівному пальці лівої руки так, щоб нижній рожевий бік листка виявився зовні.
2. Голкою поруште шар рожевих клітин, зніміть пінцетом покривну тканину і перенесіть її у воду на предметному склі, додайте ще 1–2 краплини води, накрійте накривним скельцем.
3. Роздивіться тимчасовий препарат клітин шкірки традесканції спочатку при малому, а потім при великому збільшенні мікроскопа.
4. Зверніть увагу на те, що навколо ядра, а також у цитоплазматичних тяжках помітні дрібні кулясті блискучі тільця – лейкопласти.
5. Замалюйте 3–4 клітини шкірки листка з лейкопластами та позначте їхні складові частини.
6. Зробіть висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8**РУХ ЦИТОПЛАЗМИ В КЛІТИНАХ РОСЛИН**

Мета: ознайомитися з властивостями цитоплазми в живих клітинах.

Обладнання і матеріали: світлові мікроскопи, предметні і накривні скельця, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9 %-й водний розчин хлориду натрію, листок елодеї.



Хід роботи

1. Перед початком роботи принаймні кілька хвилин витримайте елодею на сонячному світлі за кімнатної температури.
2. Підготуйте мікроскоп до роботи.
3. Виготовте тимчасовий мікропрепарат живих клітин елодеї, помістіть їх у краплину води на предметне скло і накрийте накривним скельцем.
4. Розгляньте препарат при малому збільшенні, виберіть ділянку із живими клітинами. При великому збільшенні простежте за рухом цитоплазми і хлоропластів (за необхідності підігрійте препарат до +38...40 °С, вводючи під накривне скло теплу воду).
5. Зробіть висновки.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ*I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ*

1. Назвіть органели, яким притаманний певний ступінь автономії: а) лізосоми; б) комплекс Гольджі; в) мітохондрії; г) ендоплазматична сітка.
2. Зазначте сполуки, які входять до складу рибосом: а) іРНК; б) тРНК; в) рРНК; г) ДНК.
3. Назвіть органели, які мають поверхневий апарат, що складається з двох мембран: а) рибосоми; б) мітохондрії; в) лізосоми; г) ендоплазматична сітка.
4. Зазначте органели, які трапляються у клітинах прокаріотів: а) комплекс Гольджі; б) рибосоми; в) ендоплазматична сітка; г) мітохондрії.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. Укажіть органели, здатні до самовідновлення: а) рибосоми; б) хлоропласти; в) лізосоми; г) мітохондрії.
2. Назвіть органели, в яких міститься ДНК: а) рибосоми; б) мітохондрії; в) лізосоми; г) хлоропласти.
3. Назвіть органели, які мають власні рибосоми: а) комплекс Гольджі; б) мітохондрії; в) хлоропласти; г) травні вакуолі.
4. Визначте функції, які в клітині виконує комплекс Гольджі: а) участь у формуванні лізосом; б) участь у формуванні мітохондрій; в) біосинтез білків; г) сортування й оточення мембранами органічних сполук.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. Визначте відповідність між органелами клітин еукаріотів та особливостями їхньої будови:

Тип будови органел	Органели
А Зерниста ендоплазматична сітка	1 Мають кристи 2 Здатні періодично змінювати свій об'єм, виводячи з клітини надлишок води
Б Лізосоми	3 Основу становить купка плоских одномембранних мішечків
В Комплекс Гольджі	4 Містять травні ферменти
Г Мітохондрії	5 На мембранах розташовані рибосоми

2. Визначте можливі варіанти переходів одних типів пластид в інші:





Тип пластид	Варіанти переходів
А Лейкопласти Б Хлоропласт В Хромопласт	1 Лейкопласт – хлоропласт 2 Хлоропласт – хромопласт 3 Хромопласт – хлоропласт 4 Не здатні перетворюватися на інші типи пластид

3. Визначте відповідність між органелами та вмістом у них молекул нуклеїнових кислот:

Вміст нуклеїнових кислот	Органели та структури клітини
А Тільки ДНК Б Тільки РНК В Як ДНК, так і РНК	1 Рибосоми 2 Лізосоми 3 Мітохондрії 4 Нуклеоїд

4. Визначте, з яких органел походять зазначені органели еукаріотичної клітини:

Органели-попередники	Органели, які походять від інших
А Лізосоми Б Ендоплазматична сітка В Комплекс Гольджі Г Лейкопласти	1 Хлоропласти 2 Вакуолі з клітинним соком 3 Мітохондрії 4 Травні вакуолі 5 Скоротливі вакуолі

5. Визначте, які структури та сполуки притаманні тим чи іншим типам органел:

Тип органел	Структури та сполуки
А Мітохондрії Б Хлоропласти В Комплекс Гольджі Г Ядро	1 Тилакоїди 2 Нитки хроматину 3 Центріолі 4 Кристи 5 Диктіосома

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

- Відомо, що у клітин прокаріотів відсутні пластиди, мітохондрії, лізосоми, комплекс Гольджі, ендоплазматична сітка. Яким чином їхні клітини можуть функціонувати без цих органел?
- Чому вивчення будови та властивостей мітохондрій та пластид, наштовхнуло вчених на думку, що еукаріотичні клітини могли виникнути внаслідок симбіозу кількох прокаріотичних клітин?
- Яке біологічне значення того, що одні типи пластид можуть переходити в інші?
- Що спільного та відмінного у будові та функціях мітохондрій і хлоропластів?
- Чому скоротливі вакуолі трапляються переважно в одноклітинних тварин і водоростей – мешканців прісних водойм? Відповідь обґрунтуйте.



ТЕМА 3. КЛІТИНА ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА

- особливості обміну речовин та енергії в клітинах авто-трофних і гетеротрофних організмів;
- життєвий цикл клітин;
- положення клітинної теорії та її значення для подальшого розвитку біології.

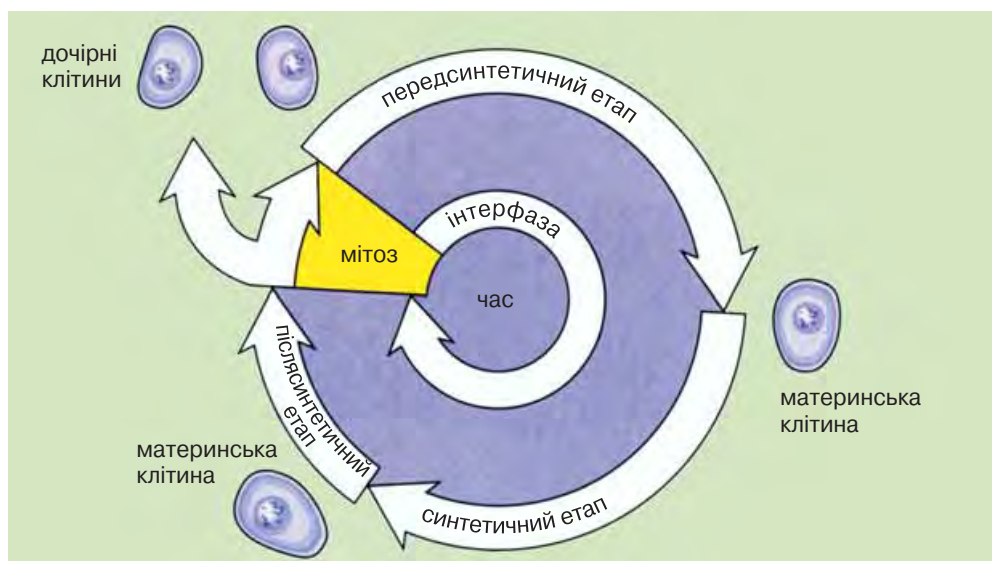
§24. КЛІТИННИЙ ЦИКЛ. МІТОЗ



Пригадайте: що таке вид, нейрони, хроматин, центріолі та центромера?

Під час засвоєння попередніх тем ви дізналися про будову та функції клітин еукаріотів і прокаріотів у цілому та їхніх окремих частин – органел і включень. Клітина існує як єдина біологічна система завдяки узгодженій взаємодії всіх своїх частин.

• **Клітинний цикл.** Як ви пам'ятаєте, клітини зазвичай розмножуються поділом. *Період існування клітини між початками її двох послідовних поділів або ж від початку поділу до загибелі називають клітинним циклом* (мал. 24.1). Тривалість клітинного циклу у різних організмів неоднакова: у бактерій за оптимальних умов вона становить усього 20–30 хв, у клітин еукаріотів – 10–80 годин і більше (наприклад, інфузорія-туфелька поділяється кожні 10–20 годин). Клітинний цикл складається з періодів поділу та проміжку до початку наступного поділу – інтерфази.



Мал. 24.1. Узагальнена схема клітинного циклу





Інтерфаза (від лат. *інтер* – між і грец. *фазіс* – поява) – період між двома послідовними поділами клітини або від завершення останнього поділу до загибелі клітини. В інтерфазі клітина росте, синтезує органічні сполуки та запасає енергію у вигляді особливого типу хімічного (макроергійного) зв'язку. В інтерфазі розрізняють три послідовні етапи (періоди). Процеси біосинтезу інтенсивно відбуваються на *синтетичному* етапі. У цей час підводяться молекули ДНК, хроматиди, центріолі, поділяються мітохондрії та пластиди тощо. Етап між завершенням попереднього поділу і синтетичним етапом називають *передсинтетичним*, а між завершенням синтетичного етапу і початком наступного поділу – *післясинтетичним* (мал. 24.1). Тривалість інтерфазы зазвичай не перевищує 90 % часу всього клітинного циклу. Досягнення клітиною певних розмірів часто спонукає її до початку наступного поділу.

Основним способом поділу еукаріотичних клітин є **мітоз** (мал. 24.2) (від грец. *мітос* – нитка). Він супроводжується ущільненням хромосом й утворенням особливого *веретена поділу*, яке забезпечує впорядкований розподіл спадкового матеріалу дочірніми клітинами.

• **Фази мітотичного поділу.** Мітоз складається з чотирьох послідовних фаз: профази, метафази, анафази і телофази (мал. 24.2) та триває від кількох хвилин до 2–3 годин.

Профаза (від грец. *про* – перед, раніше та *фазіс* – прояв) починається з ущільнення ниток хроматину: хроматиди вкорочуються і потовщуються (спіралізуються) (мал. 24.2, I). Завдяки цьому під світловим мікроскопом можна розглянути будову хромосом (зокрема, знайти первинну перетяжку) і підрахувати їхню кількість. Поступово зменшуються і зникають ядерця; зазвичай під час поділу ядерна оболонка розпадається (за винятком деяких одноклітинних тварин, водоростей і грибів), внаслідок чого хромосоми потрапляють до цитоплазми (мал. 24.2, II). Водночас починає формуватися веретено поділу.

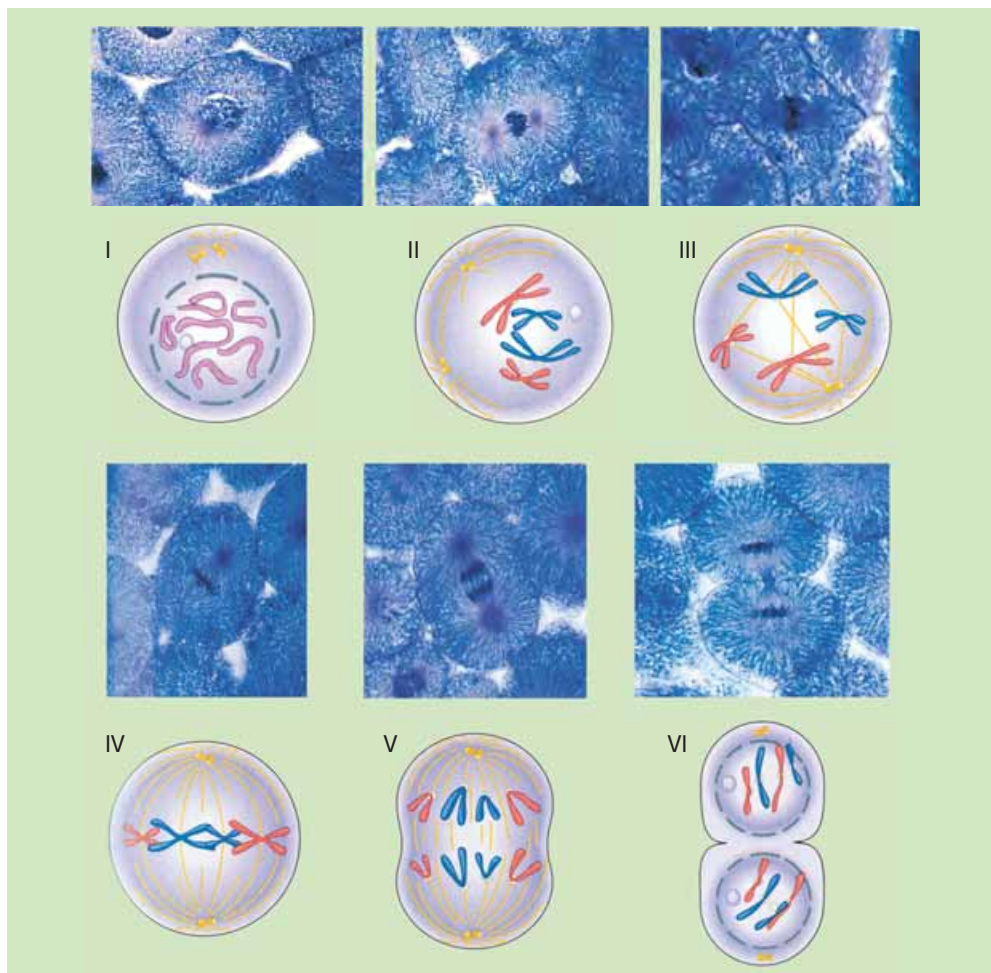
Під час наступної фази мітозу – **метафази** (від грец. *мета* – після, через) – завершуються переміщення хромосом і формування веретена поділу (мал. 24.2, III). Хромосоми «вишиковуються» в одній площині в центральній частині клітини таким чином, що центромери гомологічних хромосом опиняються майже на одній лінії (мал. 24.2, IV). До кінетохорів окремих хромосом приєднуються нитки веретена поділу.

Анафаза (від грец. *ана* – знову, поза) – найкоротша фаза мітозу (мал. 24.2, V). У цей час хроматиди кожної з хромосом розходяться до різних полюсів клітини.

Телофаза (від грец. *телос* – кінець) триває від завершення розходження хроматид до утворення дочірніх клітин (мал. 24.2, VI). На початку телофази хромосоми видовжуються та перестають бути помітними під світловим мікроскопом (деспіралізуються). Навколо кожного із приполярних скупчень хроматид формується ядерна оболонка, з'являються ядерця, тобто утворюються ядра дочірніх клітин. Наприкінці телофази зникає веретено поділу, поділяється цитоплазма та остаточно формуються дочірні клітини. Докладніше про мітотичний поділ клітини ви дізнаєтеся під час виконання лабораторної роботи № 9.

• **Біологічне значення мітозу.** Мітотичний поділ забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнських клітин дочірнім протягом





Мал. 24.2. Мітоз. I. Профаза: зникнення ядерної оболонки; II. Профаза: хромосоми опиняються у цитоплазмі; III. Початок метафази: нитки веретена поділу приєднуються до кінетохорів; IV. Завершення метафази: хромосоми розташовані по центру клітини; V. Анафаза: хроматиди розходяться до полюсів клітини; VI. Телофаза: формування ядер, поділ цитоплазми та утворення дочірніх клітин

будь-якої кількості послідовних клітинних циклів. При цьому зберігаються постійність числа хромосом та вмісту молекул ДНК в ядрі в усіх дочірніх клітинах. Отже, процес мітозу забезпечує стабільність каріотипів, тобто слугує умовою існування біологічних видів протягом зміни великого числа поколінь.

• **Загибель клітин.** Розрізняють два типи загибелі клітин. Частіше вона настає внаслідок ушкодження (порушення проникності) плазматичної мембрани, необоротних змін насамперед ядра і мітохондрій, що призводить до припинення їхніх функцій. Такі процеси називають **некрозом** (від грец. *некротіс* – змертвіння). Зазвичай відмирають значні групи клітин. Некрози розвиваються при багатьох важких захворюваннях людини, наприклад **інфаркті міокарда** (відмирання ділянок м'язової серцевої



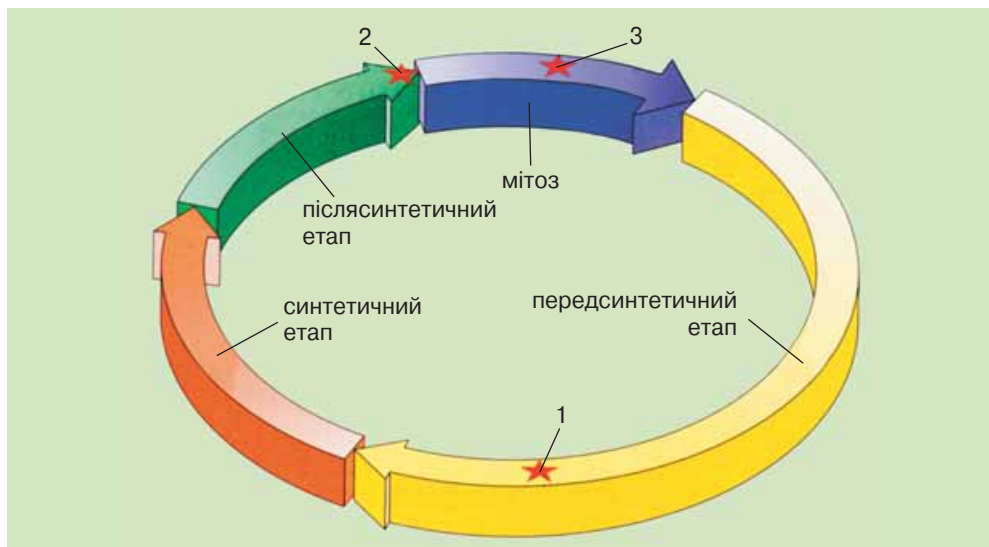


тканини). Крім того, у некротичних ділянках виникають запалення (при розвитку злоякісних пухлин тощо).

Клітини можуть гинути й без фізичних ушкоджень або впливу токсичних сполук. Відомо, що певні клітини характеризуються певною спадково запрограмованою тривалістю життя. Внаслідок старіння гинуть клітини, які втрачають здатність до поділу (нейрони, еритроцити, ситоподібні трубки тощо). При цьому вони зазнають значних змін: ущільнюється хроматин, ядро розпадається на окремі частини (*фрагментація*), зменшується об'єм цитоплазми тощо. Цей процес має назву **апоптоз** (від грец. *апоптозіс* – розпад). Отже, апоптоз – запланована загибель клітин, а некроз – незапланована.

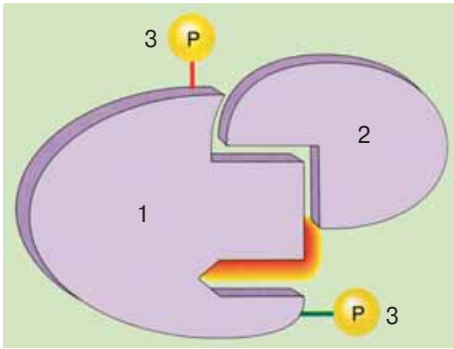
• **Регуляція клітинного циклу.** На сьогодні вчені встановили, що всі етапи клітинного циклу підлягають гуморальній регуляції. Ферментативна регуляція перебігу основних подій клітинного циклу здійснюється в так званих *контрольних пунктах*, де він у разі помилок може бути зупинений (мал. 24.3). Причиною переривання буває нестача поживних речовин, порушення механізмів росту, подвоєння молекул ДНК та розходження хроматид, зовнішні впливи тощо.

«Контрольний пункт» наприкінці передсинтетичного етапу (G_1/S) встановлює ступінь готовності клітини до продовження клітинного циклу. В разі успішного проходження цього етапу клітина синтезує органічні речовини та росте. Перевірку належного завершення інтерфази, зокрема правильність подвоєння ДНК, здійснює «контрольний пункт» наприкінці післясинтетичного етапу (G_2/M). Чинники, які руйнують молекули ДНК або затримують їхнє подвоєння, можуть зупинити цикл на цьому етапі. Контрольний пункт у завершальній частині метафази відповідає за правильність розміщення хромосом у центральній частині клітини та їхнє приєднання до ниток веретена поділу.



Мал. 24.3. Три чільні контрольні пункти клітинного циклу: 1 – наприкінці передсинтетичного етапу (G_1/S); 2 – наприкінці післясинтетичного етапу (G_2/M); 3 – у завершальній частині метафази





Мал. 24.4. Комплекс білкової молекули (2) фермента (1) з ортофосфатною групою (3) забезпечує продовження клітинного циклу після певного контрольного пункту

рецептор «впізнає» певний ростовий фактор за формою частини його молекули (мал. 24.5). Якщо клітини позбавлені відповідних факторів росту, то їхній цикл завершується на передсинтетичному етапі.

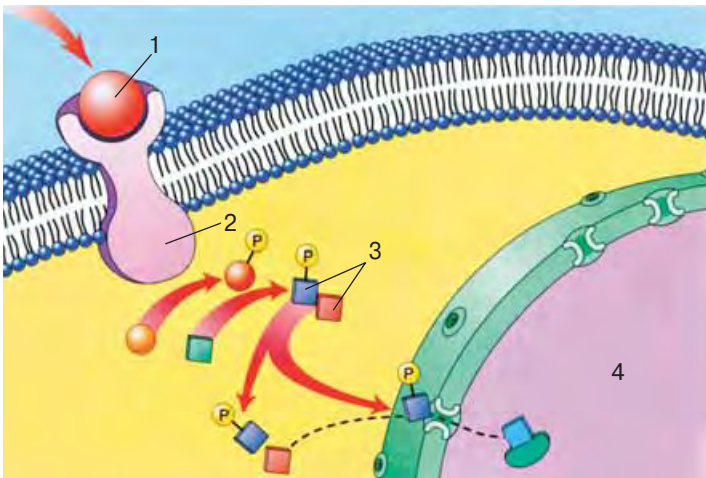
Запам'ятайте: регуляція клітинного циклу залежить від взаємодії специфічних білків з відповідними ферментами. Клітини також отримують сигнали від білків, які називають факторами росту, оскільки вони впливають на поділ клітин.

• **Рак і контроль росту клітин.** Прикладом порушення регуляції клітинного циклу є нестримний поділ клітин, що слугує показником ракових (онкогенних) захворювань. Дослідники виділили ген, який несе інформацію про фермент, що контролює цілісність ДНК. Якщо такий фермент виявляє ушкоджену ДНК, він зупиняє поділ та активує інші ферменти, необхідні для відновлення структури ДНК, після чого мітоз продовжується. Якщо відновити молекулу ДНК не вдається, цей фермент стимулює апоптоз. Виявлено, що він відсутній або ушкоджений у ракових клітинах. Учені виявили численні гени (понад 50), які у разі потрапляння в клітину

Регуляцію клітинного циклу забезпечують складні молекулярні механізми, головний з яких – приєднання (або від'єднання) ортофосфатних груп до певних амінокислот у складі особливих білків, що змінює їхню активність (мал. 24.4).

Пригадайте, що на плазматичних мембранах клітин розташовані численні білки-рецептори, чутливі до факторів росту. Коли фактори росту зв'язуються з мембранними рецепторами, то посилюються сигнали, які стимулюють поділ клітини.

Відомо понад 50 різних білків, які функціонують як фактори росту, але їх, поза сумнівом, більше. Кожний



Мал. 24.5. Передача факторів росту в клітину: фактор росту (1) взаємодіє з рецепторною молекулою плазматичної мембрани (2) і потрапляє всередину клітини. Завдяки комплексу ферментів (3) він проникає в ядро (4)





здатні перетворювати її на ракову. Це нормальні гени, які внаслідок пошкодження стають онкогенними (тобто такими, які можуть спричинити неконтрольований поділ клітини). Ці гени по-різному взаємодіють із факторами росту. Водночас є гени, які пригнічують утворення ракових пухлин.

Ключові терміни та поняття. Клітинний цикл, інтерфаза, мітоз.

- ▶ Клітинним циклом називають час існування клітини між початками її двох послідовних поділів або ж від початку останнього поділу до загибелі. Він складається з періодів поділу і проміжку до початку наступного поділу – інтерфази. В інтерфазі клітина росте, синтезує органічні сполуки та запасє енергію у вигляді особливого типу хімічного (макроергічного) зв'язку.
- ▶ Основний спосіб поділу еукаріотичних клітин – це мітоз. Він складається з чотирьох послідовних фаз: профази, метафази, анафази і телофази.
- ▶ Під час профази хромосоми ущільнюються, зникають ядерця та ядерна оболонка, утворюється веретено поділу. Під час метафази хромосоми утворюють ряд у центральній частині клітини, а нитки веретена поділу приєднуються до кінетохорів. Під час анафази хроматиди кожної із хромосом розходяться до різних полюсів. На початку телофази відбувається деспіралізація хромосом, формуються ядерні оболонки, з'являються ядерця, зникає веретено поділу, поділяється цитоплазма та формуються дочірні клітини.
- ▶ Біологічне значення мітозу полягає в тому, що він забезпечує точність передачі спадкової інформації від материнських клітин дочірнім протягом послідовних клітинних циклів.

**Коротко
про
головне**



Запитання для самоконтролю

1. З яких періодів складається клітинний цикл? 2. Що таке інтерфаза? Яке її значення для існування клітини? 3. Що таке мітоз? З яких фаз він складається? 4. У чому полягає біологічне значення мітозу?

Поміркуйте. У чому полягає значення мітозу для забезпечення індивідуального розвитку особин і довготривалого існування видів? Відповідь обґрунтуйте.

§ 25. МЕЙОЗ

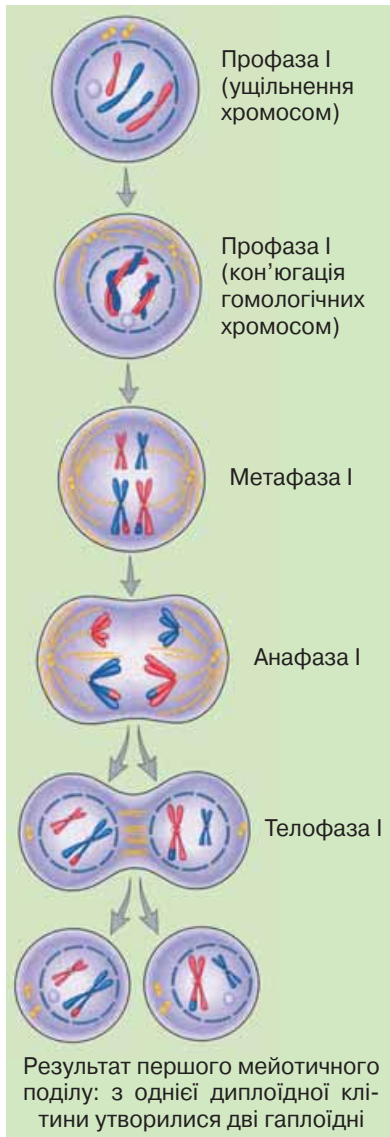


Пригадайте: чим відрізняються хромосомні набори статевих і нестатевих клітин багатоклітинних організмів? Які набори хромосом називають гаплоїдними, диплоїдними та поліплоїдними? Що таке інтерфаза, гамета, зигота, запліднення, життєвий цикл?

• Як утворюються статеві клітини з гаплоїдним набором хромосом?

Ви вже знаєте, що процес запліднення супроводжується злиттям ядер чоловічої і жіночої статевих клітин, які здебільшого мають гаплоїдний набір хромосом. При цьому внаслідок злиття двох гаплоїдних статевих клітин (гамет) при заплідненні хромосомний набір зиготи подвоюється, тобто стає





Мал. 25.1. Перший мейотичний поділ

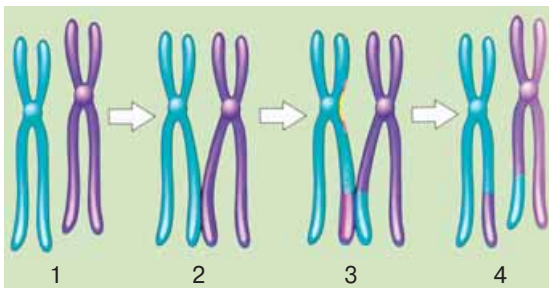
диплоїдним. А як виникають гаплоїдні клітини? Встановлено, що при їхньому утворенні здійснюється особлива форма поділу еукаріотичних клітин, який забезпечує зменшення хромосомного набору статевих клітин удвічі порівняно з нестатевими.

• **Мейоз** (від грец. *мейозіс* – зменшення) – особливий спосіб поділу еукаріотичних клітин, унаслідок якого їхній хромосомний набір зменшується удвічі. Під час мейозу відбуваються два послідовні поділи, інтерфаза між якими вкорочена або відсутня. Кожний з цих поділів, як і мітоз, складається із чотирьох послідовних фаз. Перший мейотичний поділ дістав назву **редукційний** (від лат. *редуцере* – повертати, відсувати назад).

Під час профазі **першого мейотичного поділу (профаза I)** хромосоми ущільнюються, набуваючи вигляду паличкоподібних структур (мал. 25.1). Потім гомологічні хромосоми зближуються і ніби злипаються (кон'югують) між собою. Під час кон'югації може відбуватися **кросинговер** (від англ. *кросинг овер* – перехрест): обмін ділянками між гомологічними хромосомами (мал. 25.2). Унаслідок кросинговеру виникають нові комбінації спадкового матеріалу, і тому гомологічні хромосоми часто відрізняються за спадковою інформацією. Тому кросинговер слугує джерелом **спадкової мінливості**.

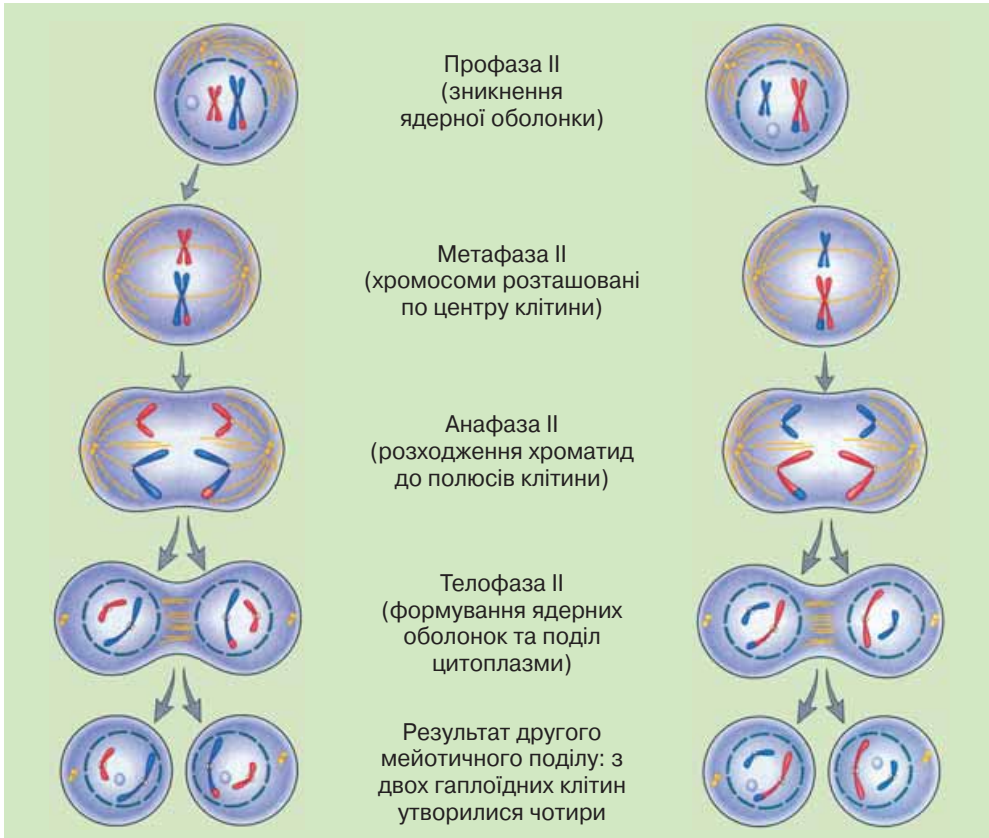
Наприкінці профазі гомологічні хромосоми роз'єднуються (але залишаються сполученими в місцях, у яких відбувається обмін ділянками), зникають ядерця, руйнується ядерна оболонка і починає формуватися веретено поділу.

У метафазі першого мейотичного поділу (**метафаза I**) нитки веретена поділу при-



Мал. 25.2. Схема кросинговеру: 1 – гомологічні хромосоми зближуються; 2 – після кон'югації гомологічні хромосоми починають розходитися, але ще сполучені в певних ділянках; 3 – обмін ділянками між гомологічними хромосомами; 4 – дві гомологічні хромосоми із частково відмінними наборами спадкової інформації





Мал. 25.3. Другий мейотичний поділ

єднуються до кінетохорів. При цьому центромери гомологічних хромосом розташовані одна навпроти одної, а не вздовж однієї лінії, як під час мітозу (мал. 25.1).

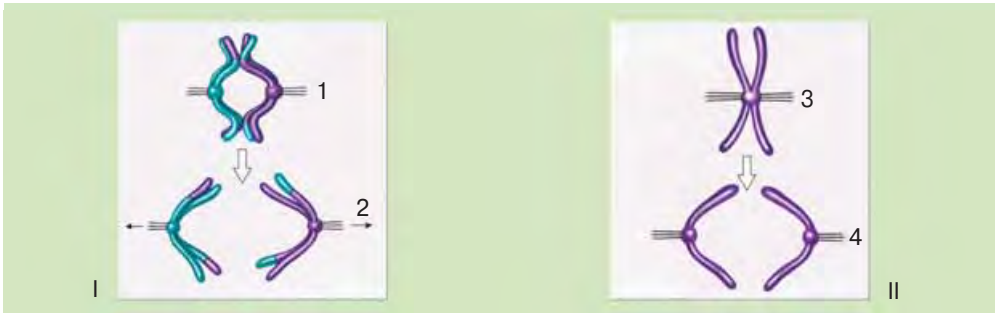
Під час анафази першого мейотичного поділу (**анафаза I**) гомологічні хромосоми розходяться до протилежних полюсів; кожна з них складається з двох хроматид. Таким чином, наприкінці анафази I поблизу кожного з полюсів опиняється половинний набір хромосом. Якщо клітина до початку мейозу була диплоїдною ($2n$), то під час першого мейотичного поділу стає гаплоїдною ($1n$).

У телофазі першого мейотичного поділу (**телофаза I**) формується ядерна оболонка. У тварин і деяких видів рослин хромосоми деспіралізуються і цитоплазма материнської клітини поділяється, тобто виникають дві дочірні клітини; у більшості видів рослин поділ клітини не завершується (цитоплазма не поділяється).

Интерфаза між мейотичними поділами вкорочена або відсутня (більшість видів рослин); молекули ДНК у цей період не подвоюються (мал. 25.3).

Під час профази **другого мейотичного поділу (профаза II)** хромосоми ущільнюються, зникають ядерця, руйнується ядерна оболонка, хромосоми починають пересуватися до центральної частини клітини, починає формуватися веретено поділу (мал. 25.3).





Мал. 25.4. Порівняння подій, що відбуваються під час метафазу та анафазу першого мейотичного поділу (I) та мітозу (II): 1 – після кон'югації у метафазі I мейозу гомологічні хромосоми починають відходити одна від одної; 2 – в анафазі I мейозу гомологічні хромосоми розходяться до полюсів; **зверніть увагу**, як відбувається обмін ділянками (позначені іншим кольором) між ними; 3 – у метафазі мітозу нитки веретена поділу приєднуються до кінетохору, як і під час метафазу I мейозу, але в анафазі до різних полюсів розходяться окремі хроматиди (4)

У метафазі другого мейотичного поділу (**метафазі II**) завершуються ущільнення хромосом і формування веретена (мал. 25.3).

В анафазі другого мейотичного поділу (**анафазі II**) хроматиди окремих хромосом розходяться до різних полюсів (мал. 25.3).

Під час телофазу другого мейотичного поділу (**телофазу II**) хромосоми знову деспіралізуються, зникає веретено поділу, формуються ядерця і ядерна оболонка. Завершується телофаза II поділом цитоплазми (мал. 25.3). У результаті другого мейотичного поділу кількість хромосом не змінюється, але кожна хромосома складається лише з однієї хроматиди.

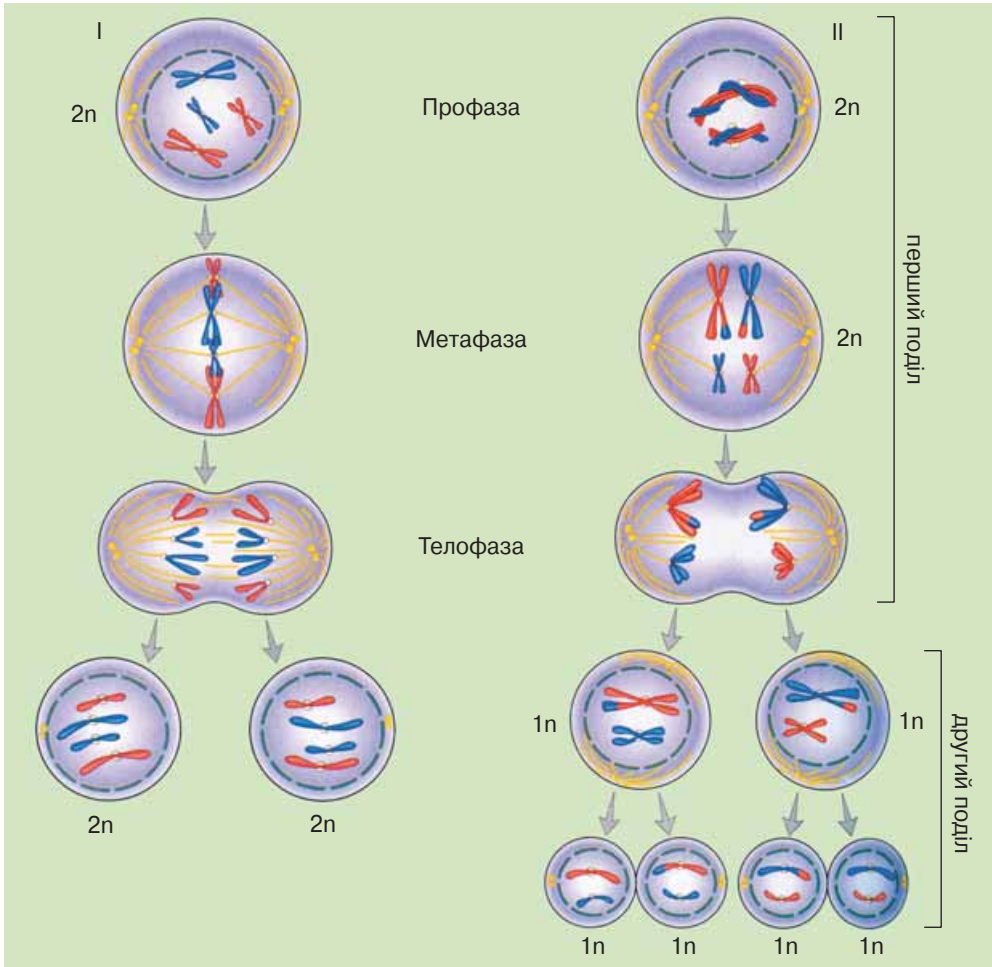
Отже, після двох послідовних мейотичних поділів з диплоїдної материнської клітини утворюється чотири гаплоїдні дочірні, в яких кожна хромосома представлена однією хроматидою.

• **Біологічне значення мейозу.** Мейоз становить собою досконалий механізм, який забезпечує сталість каріотипу видів, що розмножуються статевим способом. Завдяки двом послідовним мейотичним поділам число хромосом статевих клітин зменшується вдвічі. Диплоїдний набір хромосом відновлюється під час злиття гамет при заплідненні.

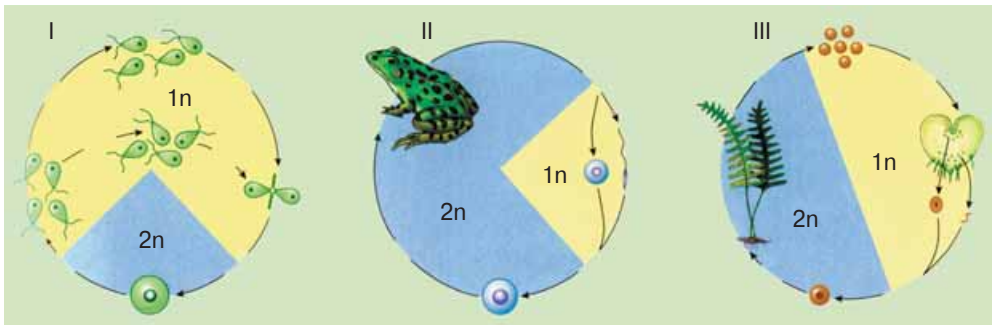
Мейоз також забезпечує і спадкову мінливість організмів. *По-перше*, в профазі I відбувається обмін ділянками гомологічних хромосом. *А по-друге*, в анафазі I гомологічні хромосоми, які можуть містити відмінну спадкову інформацію, опиняються в різних дочірніх клітинах (мал. 25.4). Розбіжності між мітотичним поділом клітини та мейозом наведені на малюнку 25.5. Докладніше їх з'ясувати мають змогу учні, які опановують біологію на академічному рівні навчання, під час виконання практичної роботи № 5.

• **Місце мейозу у життєвому циклі організмів.** Ви вже зрозуміли, що в життєвому циклі організмів, які розмножуються статевим способом, обов'язково має місце мейоз. Але в різних видів мейотичний поділ може відбуватися на різних фазах життєвого циклу (мал. 25.6). Наприклад, у паразитичних одноклітинних тварин-споровиків (зокрема, малярійного плазмодія), деяких водоростей (хламідомонади тощо) – поділ зиготи





Мал. 25.5. Розбіжності між мітозом (I) і мейозом (II)



Мал. 25.6. Різні типи ядерних циклів: I – ядерний цикл хламідомонади (поділ зиготи розпочинається мейозом); II – ядерний цикл жаби (мейоз передуює утворенню гамет); III – ядерний цикл папороті (статеве покоління гапліодне, нестатеве – диплоїдне, мейоз відбувається при утворенні спор, з яких розвивається статеве покоління)



розпочинається мейозом. Отже, у них диплоїдна лише зигота, усі інші фази життєвого циклу мають гаплоїдний набір хромосом (мал. 25.6, I).

У багатоклітинних тварин і людини, навпаки, більша частина життєвого циклу представлена диплоїдними клітинами, гаплоїдні лише статеві. У них мейоз передуює утворенню статевих клітин (мал. 25.6, II).

У вищих спорових рослин (мохів, папоротей, хвощів, плаунів) мейоз відбувається під час утворення спор (мал. 25.6, III), з яких розвивається гаплоїдне покоління, що розмножується статевим способом. А із заплідненої яйцеклітини розвивається диплоїдне нестатеве покоління, яке розмножується нестатевим – спорами. Таким чином, одна половина життєвого циклу цих організмів представлена гаплоїдними клітинами, а інша – диплоїдними. Те саме спостерігають і в морських одноклітинних тварин – форамініфер.

Ключові терміни та поняття. Мейоз, кон'югація хромосом, кросинг-овер.

- Мейоз – особливий спосіб поділу еукаріотичних клітин, унаслідок якого їхній хромосомний набір зменшується вдвічі. Під час мейозу відбуваються два послідовні поділи, інтерфаза між якими вкорочена або відсутня.
- Унаслідок першого мейотичного поділу утворюються клітини або лише ядра з половинним (звичайно гаплоїдним), порівняно з материнською клітиною, набором хромосом. Під час кон'югації хромосом на етапі профазі може відбуватися кросинг-овер – обмін ділянками між гомологічними хромосомами, що слугує джерелом спадкової мінливості. Унаслідок другого мейотичного поділу кількість хромосом не змінюється, але кожна хромосома складається лише з однієї хроматиди. Мейоз становить собою досконалий механізм, який забезпечує сталість каріотипу видів, які розмножуються статевим способом. Диплоїдність відновлюється під час злиття гамет при заплідненні.
- У деяких одноклітинних організмів (малярійного плазмодія, хламідомонади тощо) поділ зиготи розпочинається мейозом. У багатоклітинних тварин мейоз передуює утворенню статевих клітин. В організмів, у життєвому циклі яких чергуються статеве (гаплоїдне) та нестатеве (диплоїдне) покоління (вищі спорові рослини, морські одноклітинні тварини – форамініфери), мейоз завершує розвиток особин статевого.



Запитання для самоконтролю

1. Зі скількох поділів складається процес мейозу? 2. Що таке кон'югація гомологічних хромосом і кросинг-овер? 3. Чому мейоз сприяє збільшенню спадкової мінливості організмів? 4. Яке біологічне значення мейозу? 5. На яких етапах життєвих циклів організмів, що розмножуються статевим способом, може відбуватися мейоз? 6. Що спільного та відмінного між процесами мейозу та мітозу?

Поміркуйте. Чому мейоз не відбувається в організмів, яким не властиве статеве розмноження?



§ 26. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБМІНУ РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В КЛІТИНАХ



Пригадайте: що таке метаболізм і гомеостаз? Яка кількість енергії виділяється при розщепленні білків, ліпідів і вуглеводів? Яка будова та функції АТФ? Що таке хімічні реакції синтезу та розщеплення? Що таке ферменти, складні та прості білки? Які процеси називають окисними, а які – відновлювальними? Яка будова і функції мітохондрій і лізосом?

• **Загальна характеристика обміну речовин у клітині.** Окремі клітини та організми належать до **відкритих систем**. Це означає, що їхнє існування можливе лише завдяки надходженню в них із зовнішнього середовища поживних речовин, їхніх перетворень та виведення назовні продуктів життєдіяльності. Сукупність цих процесів має назву **обмін речовин**, або **метаболізм** (від грец. *μεταβολη* – переміна).

В організмах одночасно відбуваються процеси двох типів. До першого типу належать надходження з навколишнього середовища, засвоєння і накопичення речовин, які використовуються для синтезу сполук, необхідних для окремих клітин та усього організму. **Сукупність реакцій синтезу, які забезпечують розвиток клітин та організмів, поновлення їхнього хімічного складу, називають пластичним обміном** (від грец. *πλαστος* – створений). На здійснення цих процесів організм витрачає певну кількість енергії, необхідної для утворення хімічних зв'язків тощо. До другого типу належать процеси розкладу речовин. Вони супроводжуються виділенням енергії, необхідної зокрема для забезпечення пластичного обміну. **Сукупність реакцій розкладу складних сполук в організмі, що супроводжуються виділенням енергії, називають енергетичним обміном.**

Процеси розкладу сполук не завжди врівноважені процесами їхнього синтезу. Так, під час росту клітини чи організму процеси синтезу переважають над процесами розкладу. Завдяки цьому забезпечується накопичення необхідних сполук і ріст організмів. Під час інтенсивної фізичної роботи, у разі нестачі поживних речовин або старіння, навпаки, процеси розкладу переважають над процесами синтезу. Якщо втрати біомаси та енергії не будуть компенсовані харчуванням, то організм поступово виснажуватиметься, що врешті-решт призведе до загибелі.

Отже, енергетичний та пластичний обміни є складовими єдиного процесу обміну речовин і перетворення енергії в живих організмах – метаболізму. Завдяки процесам обміну речовин і перетворення енергії забезпечується підтримання гомеостазу за змін умов навколишнього середовища. Підтримання гомеостазу – необхідна умова нормального функціонування будь-якої біологічної системи від клітинного до біогеоценотичного рівнів організації.

• **Автотрофи, гетеротрофи та міксотрофи.** Для живих організмів, які населяють нашу планету, основним джерелом енергії є сонячне світло, завдяки якому прямо чи опосередковано задовольняються їхні енергетичні потреби.

Ви пам'ятаєте, що організми, які здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних, називають **автотрофами** (від грец. *αυτος* – сам



і *трофе* – їжа, живлення). Енергію, яку поглинають з довкілля, вони використовують для забезпечення процесів життєдіяльності та накопичують у вигляді енергії хімічних зв'язків синтезованих сполук. Більшість автотрофних видів – зелені рослини, ціанобактерії, деякі бактерії та одноклітинні тварини (наприклад, панцирні джгутикові) – використовують світлову енергію, переважно сонячну. Деякі бактерії – нітрифікуючі, залізо- та сіркобактерії – для синтезу органічних сполук з неорганічних використовують енергію, яка вивільняється під час здійснення екзотермічних хімічних реакцій.

Гриби, більшість тварин і бактерій належать до **гетеротрофів** (від грец. *гетерос* – інший). Для них джерелом енергії слугують хімічні зв'язки органічних сполук, утворених іншими організмами. Ці органічні сполуки вони отримують, живлячись іншими живими істотами, їхніми рештками або продуктами життєдіяльності. **Міксотрофи** (від грец. *міксис* – змішування) – організми зі змішаним типом живлення (росичка, омела, хламідомонада, евглена зелена). Такі організми здатні не лише синтезувати органічні сполуки з неорганічних, а й поглинати готові органічні речовини. Як ви пам'ятаєте, росичка здатна до фотосинтезу, але також живиться дрібними безхребетними тваринами – переважно комахами. Ця рослина поширена на болотяних ґрунтах, бідних азотистими сполуками. Їх росичка отримує, полюючи на комах.

• **Енергетичний обмін та його етапи.** У біологічних системах енергія існує в різних формах, здатних перетворюватись одна в іншу. Живі організми використовують енергію для забезпечення різних процесів життєдіяльності: хімічних (наприклад, синтезу органічних сполук), механічних (скорочення м'язів, руху одноклітинних організмів), електричних (проходження нервового імпульсу по нервовому волокну), теплових (підтримання сталої температури тіла), світлових (свічення деяких мікроорганізмів, комах, глибоководних риб тощо).

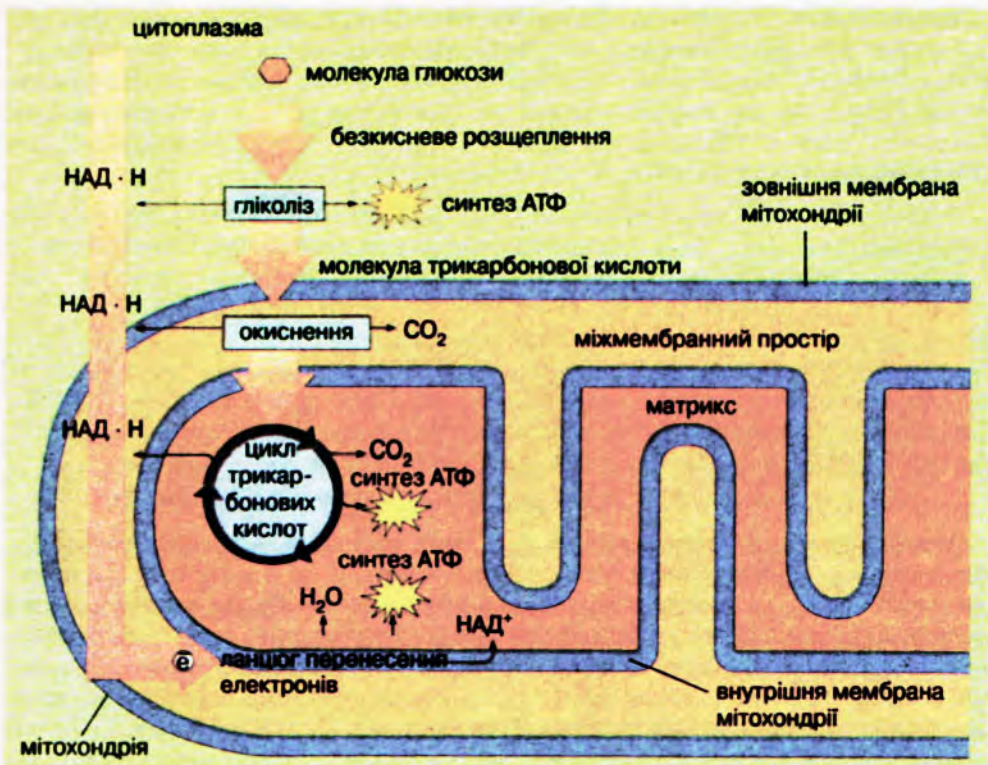
Ми вже згадували, що частина енергії, яка виділяється під час розщеплення органічних речовин, розсіюється у вигляді тепла, а частина – запасається у вигляді високоенергетичних хімічних зв'язків певних сполук. Як ви пам'ятаєте, такою універсальною сполукою – накопичувачем енергії в клітинах – слугує аденозинтрифосфатна кислота (АТФ).

Енергетичний обмін відбувається в три послідовні етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий.

• **Підготовчий етап енергетичного обміну.** Початковий етап енергетичного обміну – **підготовчий** – відбувається в цитоплазмі клітин усіх організмів, а в більшості багатоклітинних тварин і людини – також і в порожнині органів травної системи. На підготовчому етапі складні органічні сполуки під дією ферментів розщеплюються на простіші: білки – до амінокислот, жири – до гліцерину і жирних кислот, полісахариди – до моносахаридів, нуклеїнові кислоти – до нуклеотидів. Ці процеси супроводжуються вивільненням енергії, але її кількість незначна, і вона розсіюється у вигляді тепла, яке організми можуть використовувати для підтримання певної температури тіла.

• **Безкисневий етап енергетичного обміну** (анаеробне дихання) відбувається в клітинах. Його ще називають **анаеробним** (від грец. *ан* – частка, що означає заперечення, та *аер* – повітря), оскільки сполуки, які утвори-



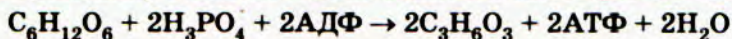


Мал. 26.1. Безкисневий та кисневий етапи енергетичного обміну

лися на попередньому етапі, зазнають подальшого багатоступеневого розщеплення, але без участі кисню.

Анаеробне розщеплення, або анаеробне дихання, – це найпростіша форма перетворення та накопичення енергії в хімічних зв'язках молекул АТФ. Так, деякі мікроорганізми і безхребетні тварини (здебільшого паразити) не можуть використовувати кисень у процесах енергетичного обміну. Необхідну енергію вони отримують лише завдяки анаеробному розщепленню органічних сполук. Більшість організмів у процесах енергетичного обміну здатна використовувати кисень, однак і в них кисневому етапу завжди передує безкисневий.

Суттю безкисневого етапу енергетичного обміну є розщеплення молекули глюкози на дві молекули молочної ($C_3H_6O_3$) трикарбонової кислоти (мал. 26.1). Процеси безкисневого розщеплення вуглеводів, або анаеробне дихання, узагальнено називають **гліколізом** (від грец. *glíkis* – солодкий та *lízis* – розщеплення). Гліколіз можна записати таким рівнянням:



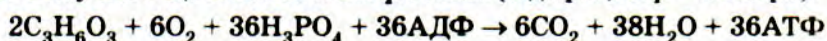
Унаслідок подальших перетворень синтезується піровиноградна ($C_3H_4O_3$) кислота. Вона бере участь у реакціях наступного – **кисневого етапу**.

Під час гліколізу виділяється приблизно 200 кДж енергії. Частина її (майже 84 кДж, або 35–40 %) витрачається на синтез двох молекул АТФ, а решта – розсіюється у вигляді тепла. Кінцеві продукти гліколізу все ще містять багато хімічно зв'язаної енергії.



Незважаючи на відносно низьку ефективність, гліколіз має важливе фізіологічне значення. Завдяки цьому процесові організми можуть отримувати енергію за умов нестачі кисню, а його кінцеві продукти (піровиноградна кислота) зазнають подальших ферментативних перетворень за наявності кисню. Проміжні продукти гліколізу використовуються для синтезу різних сполук.

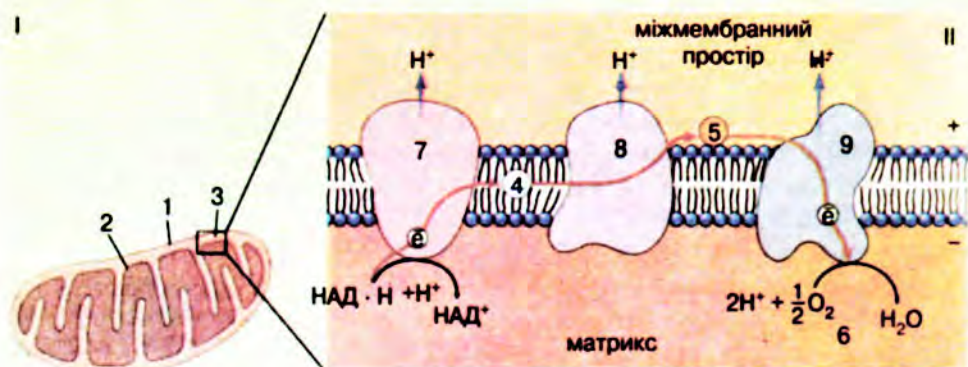
• **Кисневий етап енергетичного обміну** (аеробне дихання) відбувається в мітохондріях (мал. 26.1). Він супроводжується низкою окисно-відновних реакцій за участі певних ферментів. Унаслідок органічні сполуки, які утворилися на попередньому, безкисневому етапі, окиснюються до кінцевих продуктів – CO_2 та H_2O . Завдяки цим реакціям організм отримує значну кількість енергії, необхідної для забезпечення життєдіяльності. Більша частина цієї енергії запасається в хімічних зв'язках молекул АТФ. Кисневий етап енергетичного обміну можливий лише за умов наявності кисню. Тому його ще називають **аеробним** (від грец. *aer* – повітря).



Уважно розгляньте малюнок 26.2. У лівій частині (I) ви бачите мітохондрію в розрізі. Прямокутник охоплює ту її частину, де є зовнішня (1), внутрішня (2) мембрани, а також міжмембранний простір (3). На правій частині малюнка (II) показано у схемі роботу ланцюга транспорту електронів (утворюють транспортні білки), пов'язаного з внутрішньою мембраною мітохондрії. Сполука, позначена як $\text{НАД} \cdot \text{H}$, за участі особливого ферменту окиснюється із звільненням електронів (e^-) та протонів (H^+). Електрони (e^-), яким надана енергія, транспортуються за участі мобільних білків-переносників (4) на зовнішню поверхню мембрани. Там електрони передаються особливій білковій молекулі (5), що забезпечує їхній подальший транспорт.

Повна назва НАД (не для запам'ятовування) – **нікотинамідаденіндинуклеотид**. Ця сполука – частина багатьох складних ферментів, що забезпечують окисно-відновні реакції клітинного метаболізму.

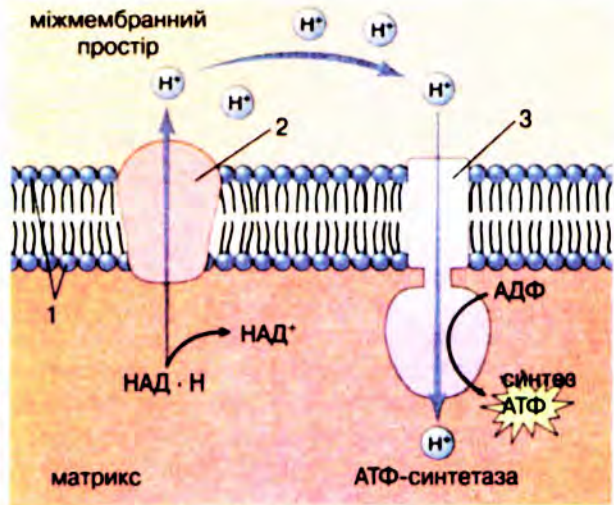
Прослідкуємо подальший напрямок руху електронів. Як ви помітили, електрони повертаються всередину мітохондрії. Там вони взаємодіють з протонами (H^+) та Оксигеном з утворенням води (6). Тепер знайдіть на ма-



Мал. 26.2. Схема роботи ланцюга транспорту електронів



Мал. 26.3. Молекула ферменту АТФ-синтетази забезпечує синтез АТФ під час кисневого енергетичного обміну: 1 – внутрішня мембрана мітохондрії; 2 – молекула білка, що забезпечує транспорт іонів H^+ у міжмембранний простір мітохондрії; 3 – АТФ-сома, до складу якої входить фермент АТФ-синтетаза (скорочено – АТФ-аза)



люнку три білкові молекули, що входять до складу внутрішньої мембрани мітохондрії (вони позначені цифрами 7, 8, 9). Ці молекули використовують частину звільненої енергії для перекачування іонів Гідрогену (H^+) у простір між двома мембранами мітохондрії (3). Так виникає різниця концентрації іонів H^+ по обидва боки внутрішньої мембрани мітохондрії (поміркуйте, де вона буде вищою).

Отже, на зовнішній поверхні внутрішньої мембрани мітохондрії буде зосереджений позитивний заряд, а біля внутрішньої поверхні – негативний. Цей негативний заряд наче «приваблює» протони і «змушує» їх повертатися до матриксу. Більша частина протонів, які повертаються всередину матриксу мітохондрії, шляхом дифузії проходять через канал у молекулі ферменту АТФ-синтетази (мал. 26.3). Цей фермент відповідає за синтез молекул АТФ. При поверненні іонів Гідрогену (H^+) у матрикс мітохондрій звільняється енергія, яка використовується для синтезу молекул АТФ з АДФ та ортофосфатної кислоти.

Під час реакцій кисневого етапу енергетичного обміну утворюються молекули вуглекислого газу.

Повне окиснення до H_2O та CO_2 продуктів ферментативних перетворень піровиноградної кислоти, які утворилися на кисневому етапі енергетичного обміну, супроводжується виділенням кількості енергії, достатньої для утворення 36 молекул АТФ. Під час цих перетворень виділяється приблизно 2800 кДж енергії, з яких у вигляді хімічних зв'язків молекул АТФ запасається приблизно 55 %, а 45 % – розсіюється у вигляді тепла.

Ви вже знаєте, що в процесі анаеробного етапу енергетичного обміну при розщепленні однієї молекули глюкози утворюються дві молекули АТФ. Таким чином, енергії, яка виділяється внаслідок повного розщеплення однієї молекули глюкози, вистачає на утворення 38 молекул АТФ.

Завершується енергетичний обмін виведенням кінцевих продуктів (вуглекислого газу та води) з організму.

Ключові терміни та поняття. Пластичний та енергетичний обмін, автотрофи, гетеротрофи, міксотрофи, гліколіз.

- ▶ Окремі клітини та організми належать до відкритих систем. Це означає, що їхнє існування можливе лише завдяки надходженню в них з довкілля поживних речовин, їхніх перетворень та виведення назовні продуктів життєдіяльності. Сукупність цих процесів має назву обмін речовин, або метаболізм.
- ▶ Метаболізм забезпечують два типи процесів: пластичний та енергетичний обміни. Сукупність реакцій синтезу, які забезпечують розвиток клітин та організмів, поновлення їхнього хімічного складу, називають пластичним обміном. На здійснення цих процесів організм витрачає певну кількість енергії, необхідної для утворення хімічних зв'язків тощо. До другого типу належать реакції розщеплення речовин. Вони супроводжуються виділенням енергії, необхідної для забезпечення пластичного обміну та інших процесів життєдіяльності. Сукупність реакцій розщеплення складних сполук в організмі, що супроводжуються виділенням енергії, називають енергетичним обміном. Завдяки збалансованим процесам обміну речовин і перетворення енергії забезпечується підтримання гомеостазу живої системи за змін умов навколишнього середовища.
- ▶ Організми, здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних, називають автотрофами. Для гетеротрофів джерелом енергії є органічні сполуки, утворені іншими організмами. Міксотрофи – організми зі змішаним типом живлення: вони здатні не лише синтезувати органічні сполуки з неорганічних, а й поглинати готові органічні сполуки.
- ▶ Енергетичний обмін відбувається в три послідовні етапи: підготовчий, безкисневий та кисневий. На підготовчому етапі складні органічні сполуки під дією ферментів розщеплюються на простіші. Ці процеси супроводжуються вивільненням енергії, але її кількість незначна і вона розсіюється у вигляді тепла. Безкисневий, або анаеробний, етап енергетичного обміну відбувається в клітинах. Сполуки, які утворилися на попередньому етапі, зазнають подальшого багатоступеневого розщеплення без участі кисню. Суттю безкисневого етапу енергетичного обміну є розщеплення молекули глюкози на дві молекули молочної кислоти (гліколіз). Під час цього етапу виділяється приблизно 200 кДж енергії, 35–40 % якої запасастся в макроергічних зв'язках молекул АТФ.
- ▶ Кисневий етап відбувається в мітохондріях, у внутрішніх мембранах яких відбувається синтез АТФ. Унаслідок окисно-відновних реакцій органічні сполуки, які утворилися на безкисневому етапі, окиснюються до CO_2 та H_2O . Повне окиснення молекули молочної кислоти супроводжується виділенням енергії, достатньої для утворення 38 молекул АТФ. Під час цих перетворень запасастся приблизно 55 % енергії, а 45 % – розсіюється у вигляді тепла. Таким чином, енергії, яка виділяється внаслідок повного розщеплення однієї молекули глюкози, вистачає на утворення 38 молекул АТФ.





Завдання для
самоконтролю

1. Які процеси називають метаболізмом, пластичним та енергетичним обміном? 2. Які організми називають автотрофами, міксотрофами та гетеротрофами? 3. Які джерела енергії використовують автотрофні організми? 4. Яке значення АТФ у процесах енергетичного обміну? 5. У скільки етапів відбувається енергетичний обмін? Назвіть їх. 6. Охарактеризуйте підготовчий етап енергетичного обміну. 7. Які процеси відбуваються під час безкисневого етапу енергетичного обміну? 8. Які умови здійснення кисневого етапу енергетичного обміну? 9. Скільки загалом молекул АТФ синтезується під час безкисневого та кисневого етапів енергетичного обміну?

Поміркуйте. 1. Чому життя неможливе без перетворень енергії? 2. Чому при окисненні органічних сполук вивільняється енергія? 3. Чому розщеплення органічних сполук за присутності кисню виявляється енергетично ефективнішим, ніж за його відсутності?

§ 27. ПЛАСТИЧНИЙ ОБМІН. БІОСИНТЕЗ БІЛКІВ І НУКЛЕЙНОВИХ КИСЛОТ



Пригадайте: яка будова білків? Що таке замінні й незамінні амінокислоти, повноцінні й неповноцінні білки? Яка будова ендоплазматичної сітки та рибосом? Яка будова нуклеїнових кислот? Що таке ген, мутації?

• **Загальна характеристика пластичного обміну.** Ми вже згадували, що пластичним обміном називають сукупність реакцій синтезу. Внаслідок цих процесів зі сполук, які надходять у клітину, утворюються необхідні для неї речовини. Основні процеси пластичного обміну – це біосинтез білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.

• **Біосинтез білків.** Як ви пам'ятаєте, розрізняють амінокислоти замінні і незамінні. Перші з них можуть синтезуватися в організмі людини і тварин, другі – надходять до них лише з їжею. Білки їжі перетравлюються (розщеплюються до амінокислот) в органах травної системи. Амінокислоти поглинаються через стінки кишечника у кров та транспортуються до клітин, де з них синтезуються білки, властиві даному організмові. Рослини та деякі мікроорганізми здатні самі синтезувати всі необхідні їм амінокислоти. Синтез кожної з 20 основних амінокислот – багатоступеневий ферментативний процес.

У живих організмах утворюється величезна кількість різноманітних білків. Інформація про структуру кожного з них має знаходитись у клітинах і передаватися нащадкам. Єдина для всіх живих організмів система запису спадкової інформації дістала назву **генетичний код**. Він зберігається в клітині у вигляді певної послідовності нуклеотидів у молекулі нуклеїнової кислоти. Саме він визначає порядок розташування амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі під час його синтезу.

Учені виявили, що кожна амінокислота в поліпептидному ланцюзі кодується певною послідовністю з трьох нуклеотидів, так званим **триплетом**. Чотири різні нуклеотиди РНК можуть утворювати 64 комбінації ($4^3 = 64$). Тобто існує 64 різні триплети. Оскільки відомо лише 20 основних амінокислот, то можна припустити, що одна амінокислота



може кодуватися кількома різними триплетами (див. таблицю 27.1). Встановлено, що більшість (18) основних амінокислот кодують від двох до шести триплетів і лише дві з них – один. Те, що одна амінокислота може кодуватися декількома триплетами, має важливе біологічне значення, оскільки підвищує **надійність генетичного коду**. Так, випадкова заміна залишку одного нуклеотида в певному триплеті на інший не завжди супроводжуватиметься змінами в первинній структурі білка. Зверніть увагу: оскільки інформацію про структуру білка від молекули ДНК до місця синтезу білкової молекули переносить молекула іРНК, генетичний код зчитується саме з неї. У таблиці 27.1 знайдемо триплети, що кодують амінокислоту лейцин (ЛЕЙ). Припустимо, що в певній молекулі іРНК цю амінокислоту кодує триплет ЦУУ. Унаслідок мутації в цьому триплеті останній нуклеотид У може замінюватися на інший, наприклад на А. Але триплет, що утворився, – ЦУА – все одно кодуватиме амінокислоту лейцин.

Таблиця 27.1

ГЕНЕТИЧНИЙ КОД

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У	Ц	А	Г	
У	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц
	ЛЕЙ	СЕР	-	-	А
	ЛЕЙ	СЕР	-	ТРИ	Г
Ц	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	У
	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	Ц
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	А
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	Г
А	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У
	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц
	ІЛЕ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	А
	МЕТ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	Г
Г	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	У
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	Ц
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	А
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	Г

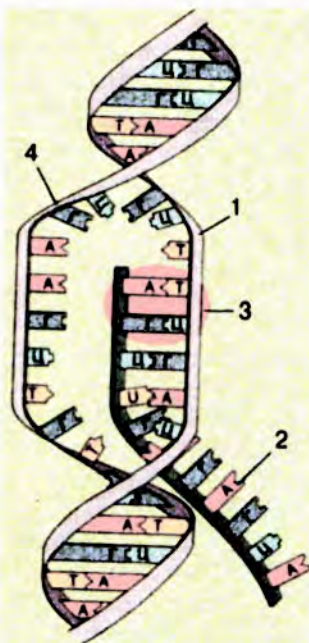
Примітка. У таблиці наведено (не для запам'ятовування) закодовані назви амінокислот: аланіну (АЛА), аргініну (АРГ), аспарагіну (АСН), аспарагінової кислоти (АСП), валіну (ВАЛ), гістидину (ГІС), гліцину (ГЛІ), глутаміну (ГЛН), глутамінової кислоти (ГЛУ), ізолейцину (ІЛЕ), лейцину (ЛЕЙ), лізину (ЛІЗ), метіоніну (МЕТ), проліну (ПРО), серину (СЕР), тирозину (ТИР), треоніну (ТРЕ), триптофану (ТРИ), фенілаланіну (ФЕН) та цистеїну (ЦИС).

За допомогою цієї таблиці можна визначити, яку саме амінокислоту кодує певний триплет молекули РНК. Перший нуклеотид у триплеті беруть з лівого вертикального стовпчика, другий – з верхнього горизонтального і третій – з правого вертикального. У місці перетину ліній міститься інформація про амінокислоту, яку слід визначити.





Мал. 27.1. Процес транскрипції: за принципом комплементарності на одному з ланцюгів молекули ДНК (1) синтезується молекула іРНК (2). Синтез забезпечує фермент РНК полімераза (3). Другий ланцюг ДНК (4) у цей час залишається неактивним



Ще одна властивість генетичного коду полягає в тому, що **кожний триплет кодує лише одну певну амінокислоту**. Крім того, генетичний код є **універсальним**, тобто єдиним для всіх організмів: від бактерій до людини.

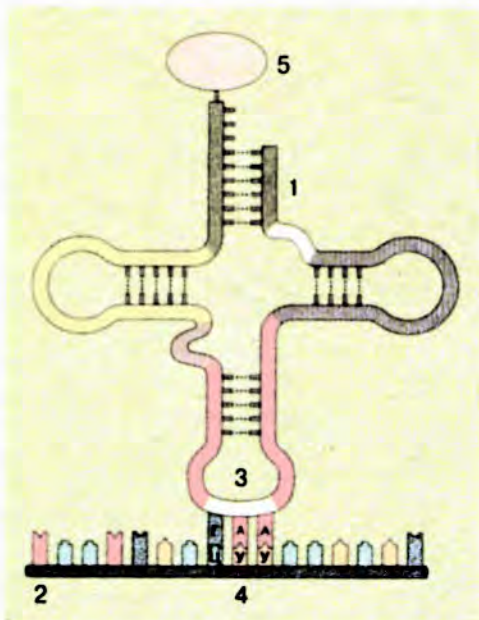
З'ясовано також, що генетичний код **не перекривається**. Під час синтезу білкової молекули триплети іРНК зчитуються один за одним. При цьому сусідні триплети не перекриваються і між ними відсутній проміжок.

Пригадайте, **ген** – це **певна послідовність нуклеотидів у молекулі нуклеїнової кислоти**. У генетичному коді є також три триплети (УАА, УАГ, УГА), кожний з яких сигналізує про припинення синтезу поліпептидного ланцюга, а триплет АУГ, як правило, визначає початок цього процесу (використовуючи таблицю 27.1, визначте амінокислоту, яку кодує цей триплет).

Механізм біосинтезу білків з'ясований у 50-ті роки ХХ ст. У цьому процесі виділяють кілька етапів.

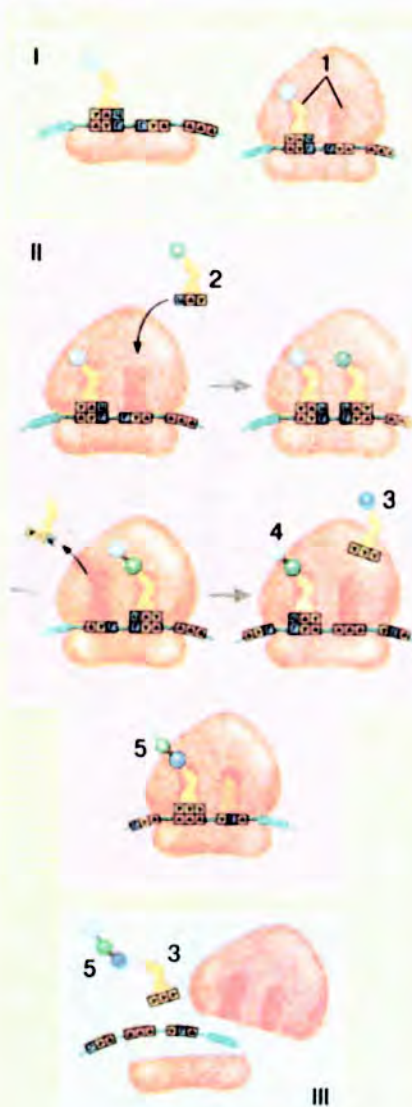
• **Етапи біосинтезу білків.** Перший етап пов'язаний із синтезом молекули іРНК на молекулі ДНК однієї із хромосом. При цьому особливий фермент (РНК-полімераза) роз'єднує подвійну спіраль ДНК. Потім на одному з її ланцюгів за участі цього ферменту за принципом комплементарності синтезується молекула іРНК. Таким чином, молекула іРНК є точною копією цієї ділянки ДНК. Ці процеси називають **транскрипцією** (від лат. *транскрипціо* – переписування) (мал. 27.1). Потім молекула іРНК з ядра надходить у цитоплазму клітини.

На наступному етапі – **трансляції** (від лат. *транслятіо* – передача) – послідовність нуклеотидів у молекулі іРНК переводиться в послідовність амінокислотних залишків молекули білка, що синтезується. Спочатку в цитоплазмі котрась із 20 амінокислот приєднується до відповідної молекули тРНК (мал. 27.2).



Мал. 27.2. Взаємодія молекули тРНК (1) з молекулою іРНК (2). Антикодон (3) молекули тРНК взаємодіє з кодоном (4) молекули іРНК; 5 – амінокислота, яку транспортує молекула тРНК





Мал. 27.3. Етапи біосинтезу білків: I – ініціація; II – елонгація; III – завершення синтезу білкової молекули

(АУГ) взаємодіє з антикодоном тРНК (УАЦ). При цьому велика субодиниця рибосоми приєднується до малої (I). Зверніть увагу на функціональний центр рибосоми (1), в якому одночасно можуть перебувати дві молекули тРНК. Далі починається сам процес синтезу поліпептидного ланцюга – елонгація (II). До функціонального центру рибосоми підходить друга молекула тРНК (2). Її антикодон (ЦАУ) взаємодіє з кодоном іРНК (ГУА). Перша молекула тРНК залишає функціональний центр рибосоми. Два залишки амінокислот за допомогою пептидного зв'язку сполучаються у дипептид (4).

Цей процес називають **активацією амінокислот**. У свою чергу іРНК зв'язується з рибосомою, а згодом – і з амінокислотним залишком, приєднанням до певної молекули тРНК. Такий комплекс готовий до початку синтезу молекули білка.

На наступних етапах біосинтезу білка поліпептидний ланцюг подовжується завдяки тому, що амінокислотні залишки послідовно зв'язуються між собою за допомогою особливих міцних ковалентних (пептидних) зв'язків.

Як ви пам'ятаєте, один з кінців молекули тРНК утворює петлю. Там розміщений триплет нуклеотидів, що визначає, яку саме амінокислоту вона транспортує (антикодон). Він має утворювати комплементарну пару з відповідним триплетом іРНК (кодоном). Амінокислотний залишок при цьому приєднаний до протилежної частини молекули тРНК (див. мал. 11.4).

Під час синтезу білкової молекули ниткоподібна молекула іРНК опиняється між двома субодинами рибосоми (мал. 27.3). Зчитується генетична інформація та приєднуються амінокислотні залишки до молекули білка, що синтезується, в особливий ділянку рибосоми – **функціональному центрі**. Його розміри відповідають довжині двох триплетів, тому в ньому водночас перебувають два сусідні триплети іРНК. В одній частині функціонального центру антикодон тРНК впізнає кодон іРНК, а в іншій – амінокислота звільняється від тРНК.

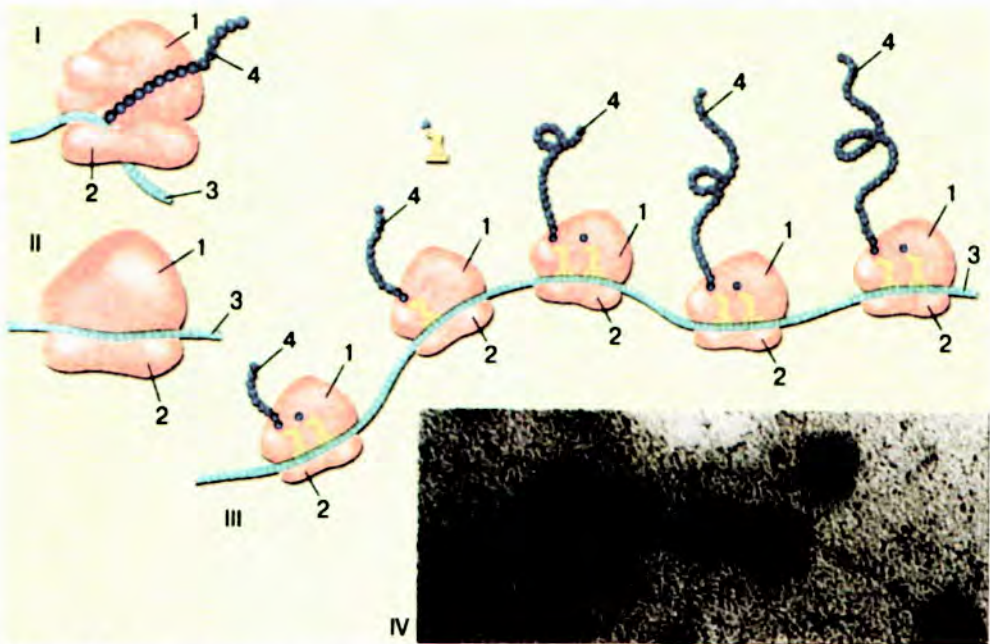
Уважно розгляньте малюнок 27.3. Спочатку відбувається процес так званої **ініціації**, коли мала субодиниця рибосоми сполучається з іРНК та її кодон



Рибосома робить крок, що дорівнює одному триплету. До ділянки функціонального центру рибосоми, яка звільнилася, надходить третя молекула тРНК (3). Відбувається ще один крок рибосоми. У цей час антикодон третьої молекули тРНК (УУУ) взаємодіє з кодоном ААА. Молекула білка, що синтезується, складається вже з трьох залишків амінокислот (5). Зверніть увагу: у другій ділянці функціонального центру рибосоми молекула тРНК відсутня. Це пов'язано з тим, що там перебуває триплет іРНК УГА, який дає сигнал про припинення синтезу білкової молекули. Завершується процес біосинтезу молекули білка (III), коли велика та мала субодиниці рибосом роз'єднуються та залишають молекулу іРНК. Водночас звільняються й молекули тРНК (3) та синтезована молекула білка (5). *(Завдання. Користуючись таблицею 27.1, з'ясуйте, із залишків яких амінокислот складається синтезована молекула білка.)*

Коли рибосома просувається вперед уздовж молекули іРНК, її місце заступає друга, згодом – третя, четверта тощо і біосинтез нових білкових молекул триває. Кількість рибосом, які одночасно можуть бути розташовані на молекулі іРНК, визначається її довжиною. Комплекс рибосом, об'єднаних молекулою іРНК, називають *полірибосомою*, або скорочено – *полісомою* (мал. 27.4). Таким чином, на одній полісомі водночас відбувається синтез багатьох молекул певного білка.

На завершальному етапі синтезований білок набуває своєї природної конформації. У цей час за участі відповідних ферментів відщеплюються зайві амінокислотні залишки, до складу молекули можуть приєднуватися



Мал. 27.4. Структура та функції полірибосоми. I. Вигляд збоку. Зверніть увагу на розташування великої (1) та малої (2) субодиниць рибосоми, а також молекул іРНК (3) та білків, що синтезуються (4). II. Вигляд спереду. III. Декілька рибосом, об'єднані молекулою іРНК, утворюють полірибосому (полісому). IV. Електронна мікрофотографія полірибосоми

небілкові складові (ортофосфатні, карбоксильні та інші групи, вуглеводи, ліпіди тощо). Лише після цих процесів молекула білка стає функціонально активною.

Процеси синтезу білкових молекул потребують витрат енергії, яка звільняється при розщепленні молекул АТФ.

• **Біосинтез нуклеїнових кислот.** Майже всі живі організми здатні синтезувати нуклеотиди в результаті послідовних ферментативних реакцій. Попередниками нуклеотидів, які входять до складу нуклеїнових кислот, є амінокислоти. Також під час розщеплення нуклеїнових кислот значна частина нітратних основ не розщеплюється, а використовується знову для синтезу нових нуклеотидів.

Різні види нуклеїнових кислот утворюються по-різному. Біосинтез ДНК ґрунтується на здатності молекул ДНК до самоподвоєння – реплікації, унаслідок чого дочірні молекули ДНК стають точною копією материнської.

Усі види РНК (іРНК, тРНК, рРНК) синтезуються за принципом комплементарності на молекулах ДНК. Ці реакції забезпечуються відповідними ферментами. Спочатку синтезуються попередники РНК, які згодом перетворюються на функціонально активні молекули.

• **Особливості реакцій матричного синтезу.** Як ви могли помітити, біологічним системам притаманний особливий тип біохімічних реакцій, коли молекула однієї сполуки слугує основою для синтезу молекули іншої. Так, молекула ДНК слугує основою для синтезу інших молекул ДНК, різних типів молекул РНК, молекула іРНК – білкових молекул. Такі процеси дістали назву **реакцій матричного синтезу**, бо нагадують промислові методи, коли за допомогою однієї форми-матриці або шаблону виготовляють багато деталей. Наприклад, за допомогою однієї матриці можна надрукувати багато купюр або відкарбувати багато монет. Так само і під час реакцій матричного синтезу нові молекули утворюються згідно з планом будови молекули-матриці: мономер молекули, що синтезується, розташовуються у точній відповідності до розміщення мономерів молекули-матриці. Таким чином, **реакції матричного синтезу є основою однієї з головних властивостей біологічних систем – здатності до самовідтворення.**

Ключові терміни та поняття. Генетичний код, транскрипція, трансляція.

Коротко
про
головне

- Основні процеси пластичного обміну – це біосинтез білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.
- Замінні амінокислоти здатні синтезувати організми людини і тварин, незамінні – надходять до них лише з їжею. Рослини та деякі мікроорганізми утворюють усі необхідні їм амінокислоти.
- Генетичний код – система запису генетичної інформації. Це певна послідовність нуклеотидів молекул нуклеїнових кислот. Вона визначає порядок розташування амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі під час його синтезу. Властивості генетичного коду: він триплетний (один триплет кодує лише одну амінокислоту, але більшість амінокислот кодується



декількома триплетами); у генетичному коді є триплет, які дають сигнали про початок чи завершення синтезу білкової молекули.

- ▶ Перший етап біосинтезу білків – це транскрипція: синтез молекули іРНК на молекулі ДНК в ядрі. Далі в цитоплазмі відбуваються процеси трансляції: послідовність нуклеотидів у молекулі іРНК переводиться в послідовність амінокислотних залишків молекули білка, що синтезується. Спочатку молекула однієї з 20 амінокислот приєднується до певної молекули тРНК, далі іРНК зв'язується з рибосомою, а згодом – також із амінокислотним залишком, приєднаним до певної молекули тРНК. На наступних етапах поліпептидний ланцюг подовжується завдяки тому, що амінокислотні залишки послідовно зв'язуються між собою за допомогою міцних хімічних (пептидних) зв'язків.
- ▶ Процеси синтезу припиняються, коли рибосома досягає триплету, який сигналізує про припинення синтезу поліпептидного ланцюга. На заключному етапі синтезований білок набуває своєї природної просторової структури.
- ▶ Біосинтез ДНК ґрунтується на здатності молекул ДНК до самоподвоєння, унаслідок чого дочірні молекули стають точною копією материнської. Усі види РНК (іРНК, тРНК, рРНК) синтезуються за принципом комплементарності на молекулах ДНК.



Запитання для самоконтролю

1. Яка роль ДНК у біосинтезі білків? 2. Що таке генетичний код і які його властивості? 3. Які основні етапи процесу біосинтезу білків? 4. Яку роль відіграють рибосоми в процесі біосинтезу білків? 5. Як генетична інформація, закодована в молекулі ДНК, реалізується під час синтезу білкової молекули? 6. Чому більшість амінокислот, які входять до складу білків, закодовані не одним, а декількома триплетами? 7. Чим відрізняються процеси біосинтезу ДНК і РНК? 8. Які реакції відносять до реакцій матричного синтезу?

Поміркуйте. 1. Чому ДНК самоподвоюється лише під час інтерфази? 2. Яке біологічне значення того, що на молекулі іРНК одночасно перебуває не одна, а декілька (до 20) рибосом?

§ 28. ХЕМОСИНТЕЗ І ФОТОСИНТЕЗ



Пригадайте: що таке хлорофіл? Яка роль фотосинтезу в біосфері? Які особливості клітин прокаріотів? Яка будова хлоропластів? Що таке тилакоїди? Що таке протони та електрони?

• **Різноманітність автотрофних організмів.** Ви вже знаєте, що автотрофні організми для синтезу органічних сполук з неорганічних здатні використовувати різні джерела енергії.

• **Хемосинтез** – це тип автотрофного живлення, за якого органічні сполуки синтезуються з неорганічних з використанням енергії, що вивільняється внаслідок певних хімічних реакцій. До хемосинтезуючих організмів, або *хемотрофів* (від грец. *хемейя* – хімія та *трофе* – живлення),



належать деякі групи бактерій: нітрифікуючі, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії та інші. Процес хемосинтезу відкрив 1887 року видатний російський мікробіолог С.М. Виноградський.

Нітрифікуючі бактерії окиснюють аміак спочатку до нітритів (солі нітритної кислоти), а згодом – до нітратів (солі нітратної кислоти). Значення цих процесів важко переоцінити, оскільки нітрати потрібні рослинам для повноцінного живлення. *Залізобактерії* отримують енергію за рахунок окиснення сполук двовалентного Феруму до тривалентного. А *безбарвні сіркобактерії* окиснюють сірководень та інші сполуки Сульфуру до сульфатної кислоти.

Яка роль хемотрофних організмів у природі? Насамперед, вони беруть участь у процесах *колообігу* певних хімічних елементів в екосистемах. **Нагадаємо, колообігом речовин називають закономірне переміщення (міграцію) певних сполук між живою та неживою частинами екосистем та біосфери в цілому.** Перетворення багатьох хімічних елементів у біосфері відбуваються лише за участі хемотрофних організмів, які здатні синтезувати органічні сполуки з неорганічних у тих частинах біосфери, куди не досягає світло. Зокрема, залізобактерії беруть участь у створенні покладів залізних руд.

• **Фотосинтез** – це процес утворення органічних сполук з неорганічних завдяки перетворенню світлової енергії в енергію хімічних зв'язків синтезованих вуглеводів. Більшість автотрофних істот належить до фотосинтезуючих організмів, або *фототрофів* (від грец. *фотос* – світло). Ви пам'ятаєте, що в клітинах рослин фотосинтез відбувається в хлоропластах, які містять фотосинтезуючі пігменти – хлорофіли. За своєю структурою вони нагадують гем гемоглобіну, але в них замість Феруму в центрі молекули розміщений атом іншого двовалентного металу – Магнію. До фототрофів належать зелені, пурпурові бактерії, ціанобактерії та рослини.

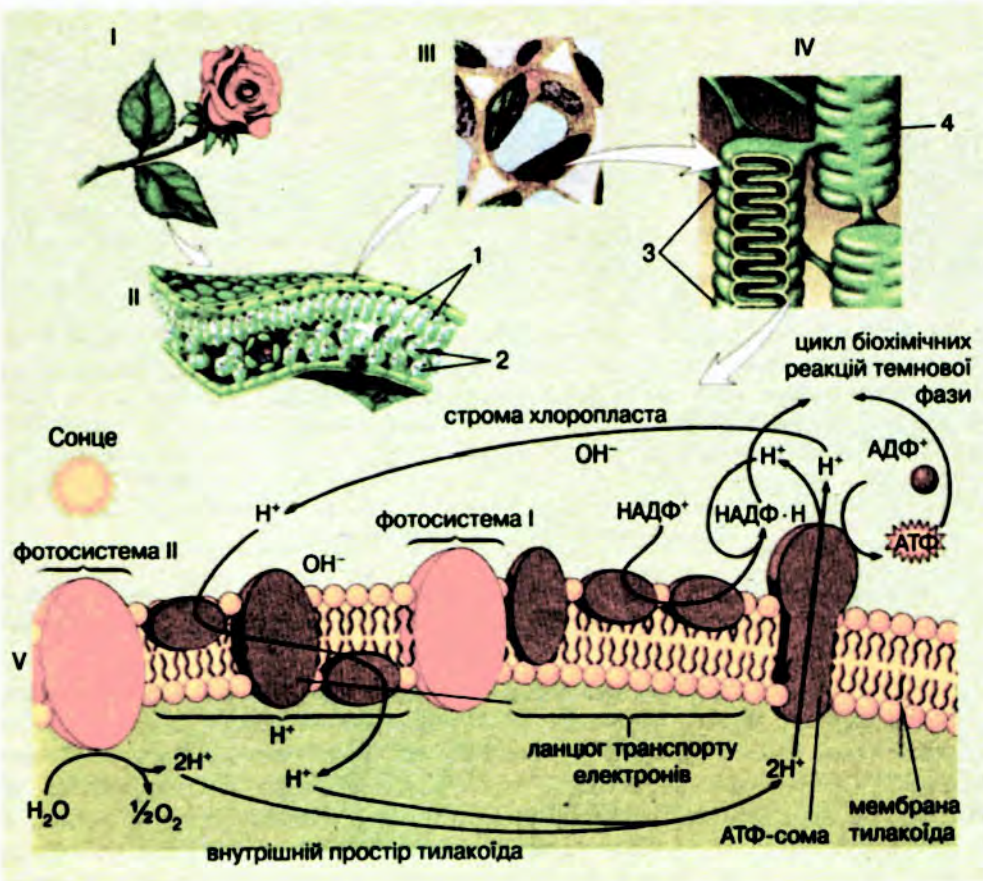
Фотосинтез ґрунтується на послідовності біохімічних реакцій, пов'язаних з утворенням вуглеводів з неорганічних сполук і виділенням в атмосферу молекулярного кисню (за винятком фотосинтезуючих бактерій).

У процесі фотосинтезу в зелених рослинах і ціанобактеріях беруть участь дві фотосистеми – перша (I) і друга (II) (мал. 28.1). **Фотосистемою** називають структурну одиницю, що складається з пігментів та інших молекул, які беруть участь у процесах фотосинтезу і містяться у тилакоїдах хлоропластів. Кожна із фотосистем має свій функціональний активний комплекс – *реакційний центр*, що складається з молекул хлорофілу. У реакційному центрі енергія світла використовується для здійснення подальших біохімічних процесів світлової фази фотосинтезу.

Обидві фотосистеми розділені просторово, але пов'язані між собою механізмами перенесення електронів (мал. 28.1). У процес фотосинтезу вони включаються послідовно.

Фотосинтез відбувається у дві фази – світлову і темнову. **Світлову фазу** названо так тому, що її реакції перебігають лише на світлі в мембранах тилакоїдів (див. мал. 28.1).





Мал. 28.1. Структури, які забезпечують фотосинтез: I – фотосинтезуюча рослина; II – зріз через листову пластинку; зверніть увагу на стовпчасті (1) та губчасті (2) клітини, в яких розташовані хлоропласти; III – внутрішня будова рослинної клітини; IV. Деталі будови хлоропласта: окремі тилакоїди (4) та грани (3); V – процес перенесення електронів під час фотосинтезу

Фотосинтез починається з того, що світлову енергію поглинають світлозбиральні пігменти фотосистеми I. Далі вона передається в реакційний центр, де спричиняє збудження молекули хлорофілу. Електрон, якому надана додаткова енергія, електрон-транспортним ланцюгом (утвореним транспортними білками) транспортується на зовнішню поверхню мембрани тилакоїда. Згаданий процес можна порівняти з тим, що коли людина піднімає камінь догори, вона надає йому певної потенційної енергії. А коли цей камінь падає дотолу, він віддає цю енергію (мал. 28.2).

У фотосистемі I «збуджений» електрон може взаємодіяти з протонами Гідрогену особливої органічної сполуки зі скороченою назвою НАДФ²⁺, відновлюючи її до НАДФ·Н. Ця сполука бере участь у реакціях темної фази фотосинтезу. В іншому випадку «збуджений» електрон, повертаючись на свій попередній енергетичний рівень, може відновлювати фотосистему I, заповнюючи «електронну вакансію», яка там утворилася.



Мал. 28.2. 1. Схема, що ілюструє перетворення потенційної енергії в кінетичну. Коли людина піднімає кулю на гору, вона надає їй потенційної енергії. Коли куля котиться з гори, вона віддає цю енергію. Ця енергія розсіюється. 2. Те саме відбувається з електроном: коли він переходить на вищий енергетичний рівень, то отримує потенційну енергію. Коли ж за допомогою ланцюга перенесення електронів він повертається на нижчий рівень, то віддає цю енергію. Частина енергії розсіюється у вигляді тепла, однак вона переважно запасається у вигляді макроергетичних зв'язків молекул АТФ

Повна назва НАДФ – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат. Ця сполука – частина багатьох складних ферментів, що забезпечують окисно-відновні реакції клітинного метаболізму.

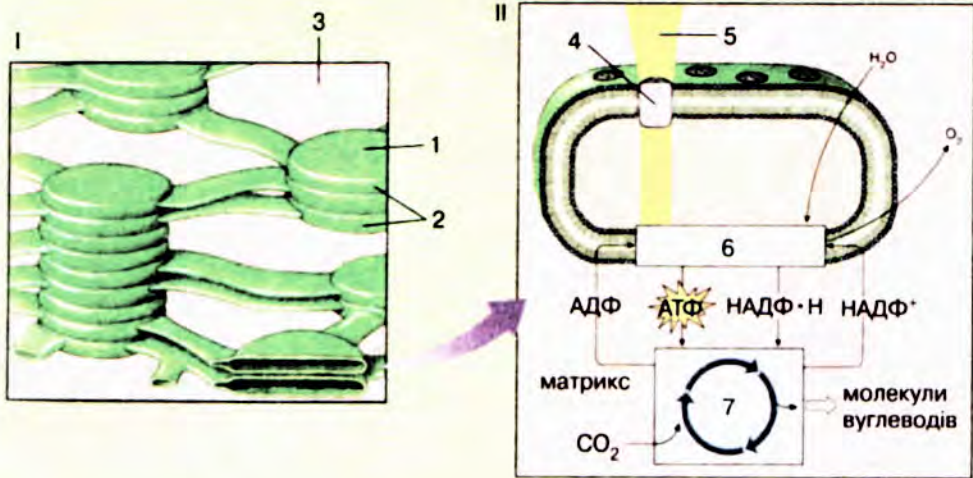
Подібні процеси відбуваються й у фотосистемі II. «Збуджені» електрони від реакційного центру фотосистеми II електрон-транспортним ланцюгом переносяться на вищий енергетичний рівень. Там його сприймає особлива сполука – акцептор електронів. Далі за участі інших акцепторів електрон надходить до реакційного центру фотосистеми I, відновлюючи його. Водночас реакційний центр фотосистеми II відновлюється за рахунок **фотолізу води** $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}^\bullet$. Унаслідок цього процесу молекула води віддає електрони реакційному центру фотосистеми II. При розщепленні молекули води також утворюються протони (H^+) та молекулярний кисень. Цей кисень зрештою надходить у атмосферу.

Транспорт електронів у світлових реакціях спряжений з перенесенням через мембрану тилакоїдів йонів Гідрогену від зовнішньої поверхні мембрани до внутрішньої. Унаслідок цього на мембрані тилакоїдів зростає різниця електричних потенціалів: на її зовнішній поверхні накопичується негативний електричний заряд, а на внутрішній – позитивний. Крім того, по обидва боки мембрани виникає різниця концентрації йонів Гідрогену.

У мембрані тилакоїдів, подібно внутрішній мембрані мітохондрій, розташована особлива ферментна система, завдяки якій синтезуються молекули АТФ. Це відбувається внаслідок того, що йони H^+ через канал у молекулі ферменту, який забезпечує синтез АТФ, переносяться з внутрішньої поверхні мембрани тилакоїдів на зовнішню. При цьому вони вивільняють певну кількість енергії (мал. 28.3).

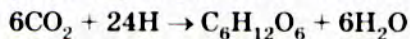
Реакції **темнової фази** фотосинтезу відбуваються у стромі хлоропластів без участі світла, цілодобово. Вони починаються з того, що особлива сполука (рибульозобіфосфат) фіксує молекулу CO_2 . У процесі подальших біохімічних перетворень синтезується молекула глюкози або інших моносахаридів.





Мал. 28.3. I. Внутрішня будова хлоропласта: 1 – тилакоїди, зібрані в грані (2); 3 – строма, де запасасться крохмаль. II. Процеси фотосинтезу, що відбуваються в тилакоїдах: 4 – фотосистема; 5 – сонячне світло; 6 – реакції світлової фази; 7 – реакції темної фази

На всі ці процеси витрачається енергія, що запаслася у хімічних зв'язках АТФ. У реакціях темної фази використовується і НАДФ · Н. Для перетворення шести молекул CO_2 на молекулу глюкози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) витрачається 18 молекул АТФ та 12 молекул НАДФ · Н. Через низку послідовних реакцій за участі специфічних ферментів утворюються глюкоза ті інші моносахариди:



Згодом з них синтезуються полісахариди (наприклад, крохмаль, целюлоза та ін.).

• **Значення фотосинтезу для існування біосфери.** Завдяки цьому процесу фотосинтезуючі організми вловлюють світлову енергію Сонця і перетворюють її на енергію хімічних зв'язків синтезованих вуглеводів. Коли організми-гетеротрофи (тварини, гриби тощо) споживають живих автотрофів або їхні рештки, то разом з їжею отримують і запасену в ній енергію. Тож існування біосфери можливе саме завдяки фотосинтезу. Уперше на це звернув увагу видатний російський учений К. А. Тимірязєв, обґрунтувавши **положення про космічну роль зелених рослин**. Зелені рослини і ціанобактерії, вбираючи вуглекислий газ і виділяючи кисень, підтримують сталий газовий склад атмосфери.

Щорічно завдяки фотосинтезу на Землі утворюється приблизно 150 млрд тонн вуглеводів і виділяється понад 200 млрд тонн газоподібного кисню, який забезпечує дихання всіх організмів. Крім того, під дією космічних променів кисень перетворюється на озон (O_3), який формує озоновий шар (екран) атмосфери. Він поглинає короткохвильові (ультрафіолетові) космічні промені, які згубно діють на живу матерію.

Ключові терміни та поняття. Фототрофні та хемотрофні організми, хемосинтез, світлова та темнова фази фотосинтезу, озоновий шар.

- ▶ Серед автотрофних організмів розрізняють хемотрофні (хемотрофи) і фототрофні (фототрофи). Перші для синтезу органічних речовин використовують енергію, яка звільняється під час окиснення деяких неорганічних сполук, другі – використовують енергію світла. До хемотрофів належать деякі групи бактерій: нітрифікуючі, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії та інші. Вони здатні синтезувати органічні сполуки з неорганічних незалежно від освітлення. До фототрофів належать зелені рослини, деякі одноклітинні тварини (евглена зелена тощо) та прокаріоти (ціанобактерії, пурпурові бактерії, зелені сіркобактерії).
- ▶ В еукаріотів фотосинтез відбувається в хлоропластах, які містять фотосинтезуючі пігменти – хлорофіли. У процесі фотосинтезу в зелених рослин і ціанобактерій беруть участь дві фотосистеми – перша (I) і друга (II). Кожна має свій реакційний центр, до складу якого входять молекули хлорофілу.
- ▶ Процес фотосинтезу відбувається в дві фази – світлову і темнову. Світлову фазу названо так тому, що її реакції перебігають лише на світлі в мембранах особливих структур хлоропластів – тилакоїдів. Процеси темної фази можуть перебігати і за відсутності світла.
- ▶ Основні процеси світлової фази: уловлення квантів світла молекулами хлорофілу; синтез АТФ; фотоліз води; виділення молекулярного кисню та відновлення особливої сполуки – НАДФ.
- ▶ Реакції темної фази відбуваються у внутрішньому середовищі хлоропластів незалежно від освітлення. За рахунок фіксації CO_2 та використання енергії АТФ у процесі циклічних біохімічних реакцій синтезуються вуглеводи, як-от глюкоза.
- ▶ Фотосинтезуючі організми вловлюють світлову енергію Сонця і перетворюють її на енергію хімічних зв'язків синтезованих вуглеводів. Ці сполуки споживають організми-гетеротрофи. Зелені рослини і ціанобактерії, вбираючи вуглекислий газ і виділяючи кисень, підтримують сталий газовий склад атмосфери. Під дією космічних променів кисень перетворюється на озон (O_3), який формує захисний озоновий шар (екран) атмосфери.



Завдання для
самоконтролю

1. Які організми називають фототрофами та хемотрофами? 2. Які фізико-хімічні умови здійснення хемосинтезу? 3. Які організми здатні до хемосинтезу? 4. Яке біологічне значення хемосинтезу? 5. Як відбувається фотосинтез? 6. Що відбувається у світлову фазу фотосинтезу? 7. Які умови потрібні для здійснення темної фази фотосинтезу? 8. Чому без зелених рослин неможливе існування сучасної біосфери?

Поміркуйте. Що спільного і відмінного між здійсненням хемосинтезу й фотосинтезу?





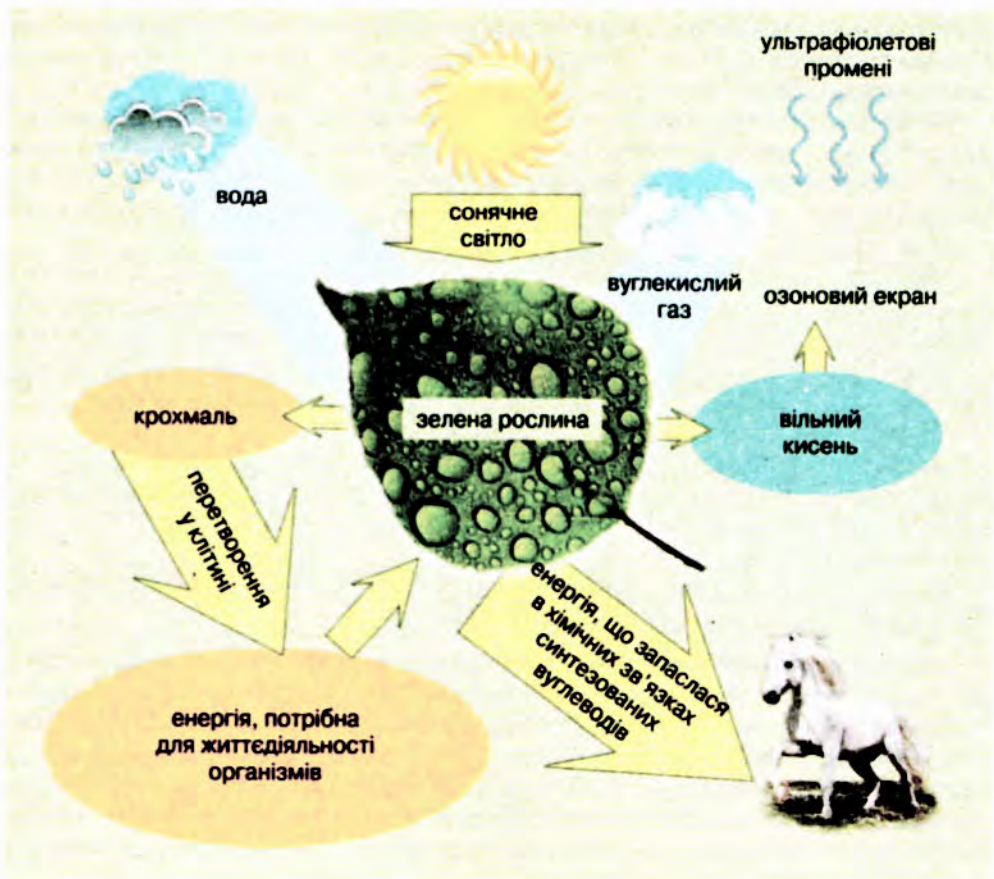
§ 29. СУЧАСНА КЛІТИННА ТЕОРІЯ. МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИТОТЕХНОЛОГІЙ



Пригадайте: які особливості будови клітин прокаріотів та еукаріотів? Які види штучного вегетативного розмноження застосовують у селекції рослин?

• **Клітина як інтегрована біологічна система.** Ви вже ознайомилися з особливостями будови та процесів життєдіяльності клітини – основної структурно-функціональної одиниці всіх організмів. Тепер підведемо підсумки.

Клітини є тими універсальними будівельними блоками (одиницями живої матерії), з яких побудовані всі різноманітні живі організми, що населяють нашу планету. Усі клітини складаються з таких основних компонентів: плазматична мембрана, цитоплазма та ядро (у прокаріотів його функцію виконує ядерна зона – нуклеоїд). Клітина – це *досконала біоенергетична система*: вона здатна перетворювати одні форми енергії в інші (хімічну – в механічну, хімічну – в електричну тощо) (мал. 29.1).



Мал. 29.1. Схема, що ілюструє взаємопереходи різних форм енергії в клітині





Клітина становить собою *інформаційну систему*: у ній зберігається закодована спадкова інформація щодо особливостей будови та процесів життєдіяльності як самої себе, так і всього багатоклітинного організму. Вражає компактність зберігання інформації, недоступна навіть найсучаснішим комп'ютерам. Уявіть собі: $6 \cdot 10^{-12}$ г ДНК яйцеклітини людини кодують будову та властивості всіх білків організму! У клітині існують особливі структури для забезпечення реалізації спадкової інформації шляхом біосинтезу білків. Таким чином, кожна клітина слугує *біохімічною фабрикою*, адже щосекунди в ній відбувається безліч узгоджених біохімічних процесів.

Клітинам *властива саморегуляція*: вони здатні підтримувати відносно сталість свого хімічного складу і властивостей (гомеостаз), незважаючи на зміни в навколишньому середовищі. Клітини *здатні до самовідтворення* шляхом розмноження поділом чи брунькуванням.

Клітинам притаманна *подразливість*: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати. Як ви пам'ятаєте, цю функцію забезпечують сигнальні білки клітинної мембрани. Клітинам як біологічним системам притаманна *цілісність*, що забезпечується взаємодією внутрішньоклітинних структур унаслідок саморегуляції.

В еукаріотичних клітинах є система внутрішньоклітинних мембран, які поділяють внутрішнє середовище на окремі функціональні ділянки. Наявність таких ділянок забезпечує одночасний перебіг багатьох, часто несумісних, біохімічних процесів.

Між окремими функціональними ділянками можуть існувати функціональні й просторові зв'язки. Ви пам'ятаєте, що безпосередньо пов'язані між собою зерниста й незерниста ендоплазматична сітка. Крім того, мембрани зернистої ендоплазматичної сітки контактують із зовнішньою мембраною ядра.

Ендоплазматична сітка бере участь в утворенні вакуоль рослинних клітин, а комплекс Гольджі – в утворенні скоротливих вакуоль і лізосом. Лізосоми, зливаючись із піноцитозними чи фагоцитозними пухирцями, забезпечують формування травних вакуоль (їх ще називають вторинними лізосомами). Мембрани піно- та фагоцитозних пухирців утворено за рахунок певних ділянок плазматичної мембрани.

Лише двомембранні мітохондрії і пластиди просторово безпосередньо не зв'язані з іншими структурами. Ви вже знаєте, що їм притаманний певний ступінь автономії в клітині, зокрема наявність власної ДНК та розмноження поділом.

Узагальнення даних, отриманих під час тривалого вивчення клітини, було сформульоване як *клітинна теорія*.

• **Положення клітинної теорії на сучасному етапі розвитку біології.** Як ми згадували, уперше клітинну теорію сформулював німецький зоолог Т. Шванн (1838), який спирався на праці німецького ботаніка М. Шлейдена. Свій внесок у її розвиток зробили й інші дослідники, зокрема російський – К. Бер та німецький – Р. Вірхов. К. Бер показав, що багатоклітинні організми здатні розвиватися з однієї клітини. Р. Вірхов з'ясував, що нові клітини не виникають з міжклітинної речовини (як вважали до нього), а з'являються внаслідок розмноження материнської. Було доведено, що міжклітинна речовина виникає внаслідок діяльності клітин.



На сучасному етапі клітинна теорія включає такі положення:

- усі організми складаються з однієї або багатьох клітин. Отже, клітина – елементарна одиниця будови живих істот;
- клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за походженням, будовою, хімічним складом, основними процесами життєдіяльності;
- кожна нова клітина утворюється виключно в результаті розмноження материнської, тобто клітина – елементарна одиниця розмноження;
- багатоклітинні організми розвиваються з однієї клітини, тобто клітина – елементарна одиниця розвитку;
- клітини містять спадкову інформацію, необхідну для здійснення життєвих циклів і забезпечення зміни поколінь певного виду організмів;
- клітинам притаманна подразливість: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати;
- у більшості багатоклітинних різні типи клітин формуються внаслідок спеціалізації протягом індивідуального розвитку особи;
- у більшості багатоклітинних тварин і вищих рослин з клітин, подібних за будовою та функціями, формуються тканини;
- з тканин формуються органи, які тісно пов'язані між собою в системи органів та функціональні системи і підпорядковані нервовій та гуморальній регуляції.

Створення клітинної теорії значно вплинуло на подальший розвиток усієї біології. Стало зрозуміло, що існування організмів та зміна їхніх поколінь забезпечуються послідовністю живих клітин. Таким чином, в основі безперервності життя на нашій планеті лежить саме клітина.

• **Сучасні напрями досліджень у цитології.** Сучасні дослідження у галузі цитології насамперед спрямовані на вивчення найдрібніших органел і структур клітини. Якщо сучасні світлові мікроскопи не можуть забезпечити збільшення об'єктів дослідження більш ніж у 3000 разів, то електронні мікроскопи відкривають нові перспективи перед дослідниками внаслідок досягнення збільшень у сотні тисяч разів. З іншого боку, все більше розвиваються дослідження в галузі клітинної інженерії, так звані цитотехнології.

Цитотехнологія – відносно нова галузь біологічних досліджень. Вона використовує різні методи. Насамперед – методи виділення клітин з організму і перенесення їх на поживні середовища. Там клітини продовжують жити і розмножуватися. Культури таких клітин можна застосовувати не тільки для наукових експериментів, але й у виробництві. Зокрема, це значно знижує собівартість лікарських препаратів та зберігає природні ресурси (наприклад, рідкісного «кореня життя» – женьшеню).

Учені здійснюють гібридизацію соматичних клітин організмів, які належать до різних видів, родів, родин тощо. При цьому за допомогою різних мікроскопічних технологій ядро однієї клітини переносять до іншої; в клітини одного виду переміщують хромосоми або їхні ділянки з клітин іншого та ін. Так штучно «схрещують» клітини організмів, генетичний матеріал яких неможливо об'єднати в інший спосіб (наприклад, людини і миші, людини і моркви, курки і дріжджів тощо). Гібридизація нестатевих



клітин дає змогу створювати препарати, які підвищують стійкість проти різних інфекцій, а також знищують деякі злоякісні пухлини (ракові захворювання). Наприклад, за допомогою гібридизації нормальних клітин з раковими отримано культури гібридних клітин, здатні виробляти проти-пухлинні антитіла.

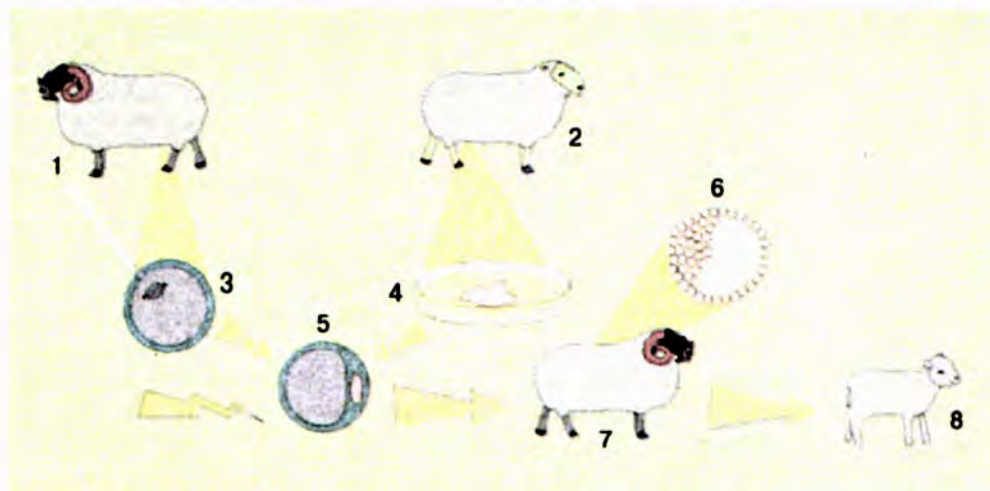
Раніше ми вже згадували про методику клонування організмів. *Клоном* (від грец. *клон* – гілка, нащадок) називають сукупність генетично ідентичних клітин або особин, отриманих від спільного предка нестатевим шляхом. Оскільки кожна нестатева клітина зазвичай містить спадкову інформацію, притаманну всьому багатоклітинному організму, то стає можливим отримання з однієї клітини значної кількості організмів з однаковими спадковими якостями (мал. 29.2).

Клонування тварин розпочато лише в останні десятиріччя. Методика такого клонування полягає в тому, що з незаплідненої яйцеклітини видаляють ядро і пересаджують в неї диплоїдне ядро соматичної клітини тієї самої особини. Таку штучну «зиготу» поміщають у матку самки даного виду, де розвивається зародок. Це дає змогу отримувати від цінних за своїми властивостями плідників необмежену кількість нащадків, які є їх точною генетичною копією. Наразі вчені клонували представників окремих видів (наприклад, відому вівцю Доллі) (мал. 29.3).



Мал. 29.2. Розвиток рослини моркви на штучному поживному середовищі з кількох клітин коренеплоду





Мал. 29.3. Методика клонування: 1 – донор цитоплазми; 2 – донор ядра соматичної клітини; 3 – видалення ядра; 4 – клітина молочної залози; 5 – вплив електричного струму; 6 – яйцеклітина, що починає поділятися; 7 – сурогатна (не рідна) мати; 8 – результат клонування – вівця Доллі

Ключові терміни та поняття. Клітинна теорія, цитотехнології, клон, клонування.

Клітини:

- основні структурно-функціональні одиниці організмів;
- біоенергетичні системи, здатні перетворювати одні форми енергії в інші;
- інформаційні системи, в яких зберігається спадкова інформація;
- метаболічні системи, в яких водночас відбувається багато узгоджених біохімічних процесів.

Клітинам властиві:

- саморегуляція; вони здатні підтримувати відносну сталість свого внутрішнього середовища і фізико-хімічних властивостей (гомеостаз), незважаючи на зміни у довкіллі;
- самовідтворення та передача спадкової інформації нащадкам, завдяки чому життя тривалий час існує на нашій планеті;
- подразливість: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати.

Клітині як інтегрованій біологічній системі притаманна тісна взаємодія різних структур. В еукаріотичних клітинах є система внутрішньоклітинних мембран, які поділяють внутрішнє середовище на окремі функціональні ділянки, що забезпечує одночасний перебіг багатьох, часто несумісних, біохімічних процесів.

Узагальнення даних, отриманих унаслідок тривалого періоду вивчення клітини, знайшло своє відображення у клітинній теорії.

Коротко
про
головне



**Запитання для самоконтролю**

1. Які властивості притаманні клітинам як самостійним інтегрованим біологічним системам? 2. У чому полягає просторовий і функціональний зв'язок між основними складовими клітини? 3. Як пояснити вираз «єдина мембранна система клітини»? У чому полягає біологічне значення цього явища? 4. Хто вперше сформулював клітинну теорію? 5. Які основні положення клітинної теорії на сучасному етапі розвитку біології?

Поміркуйте. Як і чому клітинна теорія вплинула на подальший розвиток біології?

**Завдання для роботи в групі**

Використовуючи різноманітні джерела інформації, підготуйте спільний дайджест про можливості найновіших досягнень у галузі цитотехнології.

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9****БУДОВА ХРОМОСОМ**

(цю роботу доцільніше виконувати після вивчення теми «Загальний план будови клітини. Поверхневий апарат. Ядро»)

Мета: навчитися розпізнавати на схемах, постійних мікропрепаратах, мікрофотографіях хромосоми.

Обладнання і матеріали: мікроскопи, предметні і накривні скельця, постійний мікропрепарат слинних залоз «мотиля» (личинок некровосисних комарів – хірономід), препарувальні голки, пінцети, мікрофотографії хромосом клітин слинних залоз мотиля.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні на постійному мікропрепараті знайдіть клітини слинних залоз мотиля. За відсутності постійного мікропрепарату, виготовте тимчасовий: личинку комара покладіть на предметне скло, відокремте за допомогою пінцета перші два сегменти. Слинні залози (овальні дрібні тільця білого кольору в червонуватій рідині – гемолімфі) видаліть із тіла личинки, вичавлюючи його вміст через отвір на місці видалених передніх сегментів, та накрійте накривним склом.
3. При великому збільшенні розгляньте велетенські хромосоми з клітин слинних залоз мотиля, схожі на посмуговані лінії зі «здуттями». У мотиля вісім хромосом, але в клітинах слинних залоз вони мають вигляд чотирьох, оскільки гомологічні хромосоми з'єднані попарно.
4. Порівняйте побачене з мікрофотографіями хромосом клітин слинних залоз мотиля.
5. Зробіть висновки.





ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

МІТОТИЧНИЙ ПОДІЛ КЛІТИН



Мета: навчитися спостерігати за процесами життєдіяльності клітин та розпізнавати на схемах, постійних мікропрепаратах, мікрофотографіях фази мітотичного поділу.

Обладнання і матеріали: мікроскопи, постійні мікропрепарати клітин корінців цибулі або інших рослин на різних стадіях мітотичного циклу, мікрофотографії різних стадій мітотичного поділу.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на мікропрепараті корінця кореневий чохлак, зони поділу і розтягнення.
3. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть у зоні поділу клітини на стадіях інтерфази (прямокутні, оточені товстою клітинною стінкою), профази (у центральній частині помітні хромосоми), метафази (помітне веретено поділу, хромосоми у центральній частині клітини складаються з двох хроматид кожна), анафази (хромосоми розташовані на полюсах клітини), телофази (хромосоми розкручуються, з'являється ядерна оболонка і перегородка між дочірніми клітинами).
4. Порівняйте побачене з мікрофотографіями різних стадій мітотичного поділу.
5. Зробіть висновки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

ПОРІВНЯННЯ МІТОЗУ І МЕЙОЗУ (виконують учні академічного рівня навчання)

Мета: закріпити матеріал, засвоєний під час проходження теоретичного курсу. Уміти на схемах і мікропрепаратах визначати ті чи інші фази мітотичного або мейотичних поділів.

Обладнання і матеріали: схеми та мікрофотографії із зображенням усіх фаз мітозу і мейозу, мікропрепарати мітозу і мейозу.

Хід роботи

1. Уважно вивчіть запропоновані схеми та мікрофотографії.
2. Розкладіть у правильній послідовності схеми та мікрофотографії, на яких зображено відповідні фази мітозу, й пригадайте, які події відбуваються на тій чи іншій фазі.
3. Те саме зробіть зі схемами та мікрофотографіями, на яких зображено відповідні фази першого та другого поділів мейозу.
4. Послідовно порівняйте події, які відбуваються під час певних фаз мітозу та першого поділу мейозу.
5. Виконайте те саме для певних фаз мітозу та другого поділу мейозу.



6. Зробіть висновки у вигляді таблиці за зразком:

Фаза	Мітоз	1-й поділ мейозу	Спільне та відмінне
Профаза Метафаза Анафаза Телофаза			
Фаза	Мітоз	2-й поділ мейозу	Спільне та відмінне
Профаза Метафаза Анафаза Телофаза			

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЗАДАЧ ІЗ ТРАНСЛЯЦІЇ (виконують учні академічного рівня навчання)

Мета: навчитися розв'язувати елементарні задачі з молекулярної біології.

Задача 1. Один з ланцюгів молекули ДНК складається з наступних залишків нуклеотидів:

ТАЦ ГАА ЦГЦ АТГ ЦГА ТЦЦ

Визначте, в якій послідовності до функціонального центру рибосоми будуть надходити молекули тРНК з такими антикодонами:

ЦГА УЦЦ ГАА АТГ УАЦ ЦГЦ

Приклад розв'язку.

За принципом комплементарності встановлюємо послідовність молекули іРНК, яка була синтезована на даній ділянці ланцюга ДНК:

АУГ ЦУУ ГЦГ УАЦ ГЦУ АГГ

Таким чином, послідовність молекул тРНК, які надходитимуть до функціонального центру рибосоми, буде наступною:

тРНК з антикодоном УАЦ, тРНК з антикодоном ГАА, тРНК з антикодоном ЦГЦ, тРНК з антикодоном АТГ, тРНК з антикодоном ЦГА, тРНК з антикодоном УЦЦ.

Задача 2. Ділянка молекули ДНК має наступний вигляд:

АТА ГТЦ ЦГА ГТА ТЦЦ

ТАТ ЦАГ ГТЦ ЦАТ АГГ

Визначте, який з двох ланцюгів цієї молекули ДНК кодує поліпептид, що складається з таких амінокислотних залишків:

ізолейцин – валін – аргінін – валін – серин

Приклад розв'язку.

Використовуючи таблицю «Генетичний код», встановлюємо послідовність залишків нуклеотидів молекули іРНК, яка слугувала матрицею для синтезу даного поліпептиду:

АУА – ГУЦ – ЦГА – ГУА – УЦЦ

Далі визначаємо, який саме ланцюг молекули ДНК слугував матрицею для синтезу молекули іРНК: ТАТ ЦАГ ГТЦ ЦАТ АГГ.



Задача 3. Ланцюг молекули ДНК до мутації складався з наступної послідовності залишків нуклеотидів:

ААА ААТ ТГГ ЦАГ ТТГ

Після мутації він набув наступного вигляду:

ААА ААТ ТГГ ЦАТ ТТГ

1. Порівнявши структуру молекули ДНК до та після мутації, знайдіть триплет, який зазнав змін.
2. Визначте будову поліпептидів, які кодував ланцюг ДНК до та після мутації.
3. Зробіть висновки.

Задача 4. Послідовність залишків нуклеотидів одного з ланцюгів молекули ДНК така:

ТАЦ ГАЦ АЦГ ГЦГ АТТ ТАЦ АГГ ЦГГ ТЦГ АЦТ

Визначте, яку кількість молекул поліпептидів вона кодує.

Задача 5. Послідовність амінокислотних залишків молекули поліпептиду така:

аспарагін – ізолейцин – пролін – треонін – валін – цистеїн.

Враховуючи, що більшість основних амінокислот кодуються кількома триплетами, визначте можливі варіанти послідовності залишків нуклеотидів, які можуть кодувати цей поліпептид.

Задача 6. Яка послідовність амінокислот кодується такою послідовністю нуклеотидів іРНК: ГЦУГЦАУАААЦЦУГАЦАГЦУА? Якою стане послідовність амінокислот, якщо внаслідок мутації із цієї молекули випаде другий нуклеотид?

Задача 7. Молекула ДНК становить собою таку послідовність нуклеотидів: ТЦГ ГАА АЦГ ТАА ЦАГ ГТА ЦАТ ТАТ. У якій послідовності будуть підходити молекули тРНК, що транспортують амінокислоти, до рибосоми, яка бере участь у синтезі білкової молекули?

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

1. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. Укажіть процес, під час якого відбувається кон'югація хромосом: а) мітоз; б) перший мейотичний поділ; в) другий мейотичний поділ; г) брунькування клітини.
2. Визначте кількість молекул АТФ, що синтезується під час безкисневого етапу енергетичного обміну: а) 1 молекула; б) 2 молекули; в) 4 молекули; г) 36 молекул; д) молекули АТФ не синтезуються.
3. Визначте кількість молекул АТФ, що синтезується під час кисневого етапу енергетичного обміну: а) 1 молекула; б) 2 молекули; в) 4 молекули; г) 36 молекул; д) молекули АТФ не синтезуються.
4. Укажіть, коли саме в процесі фотосинтезу синтезуються молекули АТФ: а) під час темної фази; б) під час світлової фази; в) молекули АТФ не синтезуються.
5. Виберіть правильне визначення терміна «транскрипція»: а) переписування інформації з молекули ДНК на молекулу іРНК; б) транспорт амінокислотних залишків до місця синтезу білкової молекули; в) сполучення амінокислотних залишків у поліпептидний ланцюг; г) набуття молекулою білка активного стану.
6. Зазначте, на мембранах яких органел відбувається синтез білка: а) комплексу Гольджі; б) лізосом; в) травних вакуоль; г) зернистої ендоплазматичної сітки; д) незернистої ендоплазматичної сітки.



7. Укажіть, де відбувається кисневий етап енергетичного обміну: а) у мітохондріях; б) у хлоропластах; в) у комплексі Гольджі; г) у лізосомах; д) у зернистій ендоплазматичній сітці.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. Назвіть процеси, під час яких синтезуються молекули АТФ: а) світлової фази фотосинтезу; б) темної фази фотосинтезу; в) трансляції; г) підготовчого етапу енергетичного обміну; д) безкисневого етапу енергетичного обміну.
2. Укажіть біохімічні процеси, які належать до пластичного обміну: а) самоподвоєння ДНК; б) окиснення органічних сполук; в) окиснення неорганічних сполук; г) біосинтез ліпідів.
3. Укажіть біохімічні процеси, які належать до енергетичного обміну: а) фотосинтез; б) окиснення органічних сполук; в) хемосинтез; г) розщеплення органічних сполук без доступу кисню.
4. Укажіть, за рахунок яких електронів відновлюється фотосистема І: а) які походять із фотосистеми ІІ; б) власних, які повертаються на свій енергетичний рівень; в) які виникають при розщепленні молекули води; г) які виникають при розщепленні атомів Гідрогену.
5. Укажіть, під час яких процесів виділяється вуглекислий газ: а) кисневого етапу енергетичного обміну; б) світлової фази фотосинтезу; в) темної фази фотосинтезу; г) аеробного дихання.
6. Зазначте, під час яких процесів відбувається подвоєння кількості молекул ДНК в клітині: а) профазі мітозу; б) метафазі першого мейотичного поділу; в) інтерфазі між двома мітотичними поділами; г) злиття гамет.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. Установіть відповідність між етапами енергетичного обміну та кількістю молекул АТФ, які під час цих етапів синтезуються:

Етапи енергетичного обміну	Кількість синтезованих молекул АТФ
А Підготовчий	1 38 молекул
Б Безкисневий	2 36 молекул
В Кисневий	3 2 молекули
	4 Молекули АТФ не синтезуються

2. Установіть відповідність між біохімічними процесами та місцями їхнього перебігу:

Біохімічні процеси	Місце перебігу
А Світлова фаза фотосинтезу	1 Зерниста ендоплазматична сітка
Б Цикл трикарбонових кислот	2 Ядро
В Подвоєння ДНК	3 Мітохондрії
	4 Тилакоїди

3. Установіть відповідність між процесами, що відбуваються в організмі, та їхніми визначеннями:

Процеси	Визначення
А Дисиміляція	1 Сукупність біохімічних процесів, спрямованих на утворення та оновлення структурних частин клітин та тканин;
Б Асиміляція	2 Сукупність біохімічних процесів, спрямованих на розщеплення складних органічних сполук;
В Трансляція	3 Набуття білковою молекулою специфічної структури;
Г Транскрипція	4 Синтез білкової молекули на матриці – молекулі іРНК відповідно до генетичного коду;
	5 Біосинтез молекули іРНК на молекулі ДНК





4. Установіть відповідність між етапами біосинтезу білкової молекули та подіями, які відбуваються на тому чи іншому етапі:

Процеси	Етапи біосинтезу білкової молекули
А Переписування інформації з молекули ДНК на молекулу іРНК	1 Ініціація
Б Приєднання амінокислот до відповідних молекул тРНК	2 Термінація
В Утворення комплексів з молекул іРНК, рибосом та тРНК	3 Транскрипція
Г Переведення послідовності нуклеотидів молекули іРНК в послідовність амінокислотних залишків білкової молекули, що синтезується	4 Трансляція
	5 Активація

5. Установіть відповідність між фазами мітозу та подіями, які під час них відбуваються:

Фази мітозу	Події
А Профаза	1 Кон'югація гомологічних хромосом
Б Метафаза	2 Розходження хроматид
В Анафаза	3 Розташування хромосом по центру клітини
Г Телофаза	4 Формування ядерної оболонки
	5 Зникнення ядерця

6. Установіть відповідність між фазами мейозу та подіями, які під час них відбуваються:

Фази мітозу	Події
А Профаза I	1 Кросинговер
Б Метафаза II	2 Розходження хроматид
В Анафаза I	3 Розходження гомологічних хромосом
Г Телофаза II	4 Прикріплення ниток веретена поділу до центромер
	5 Формування ядерця

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

- Чому під час поділу клітини зникає оболонка ядра? Відповідь обґрунтуйте.
- Чи трапляється мейотичний поділ у тих організмів, які не розмножуються статевим способом? Відповідь обґрунтуйте.
- Як відбувається обмін речовин між клітиною та її навколишнім середовищем? Відповідь обґрунтуйте.
- Відомо, що алкалоїд колхіцин руйнує веретено поділу і тим самим порушує процес розподілу хромосом між дочірніми клітинами. Чи впливатиме ця сполука на поділ клітин ціанобактерій? Відповідь обґрунтуйте.
- Чи існує в клітинах прокаріотів єдина мембранна система? Відповідь обґрунтуйте.
- Ціанід калію – небезпечна для людини отрута, яка робить неактивними певні компоненти ланцюга дихальних ферментів, вбудованих у внутрішню мембрану мітохондрій. Чим можна пояснити смерть людини, отруєної цією сполукою?





РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ

- особливості будови та життєдіяльності вірусів, їхнє положення у системі органічного світу;
- роль вірусів у природі та житті людини;
- профілактика та лікування вірусних інфекцій;
- пріони та пріонові захворювання.

§30. БУДОВА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ВІРУСІВ

Пригадайте: що спільного та відмінного між живою та неживою частинами природи? Які характерні ознаки життя? Яка будова і функції клітини як структурно-функціональної одиниці живих організмів? Який принцип роботи електронного мікроскопа? Що таке вакцина та вакцинація?

• **Що становлять собою віруси?** Кожен з вас переніс принаймні одне вірусне захворювання (грип тощо). Але ніхто не бачив його збудників, адже розміри вірусних частинок – *віріонів* – такі мізерні (15–300 нм¹), що більшість з них можна побачити лише за допомогою електронного мікроскопа. Віруси – паразити клітин прокаріотів та еукаріотів, і поза клітиною-хазяїном віріони не виявляють жодних ознак життя. Для свого розмноження вони використовують речовини та енергію клітини-хазяїна. Унаслідок взаємодії між вірусом та клітиною-хазяїном часто розвиваються різні захворювання.

Наука, яка вивчає будову і функції вірусів, їхні властивості, шляхи передачі та способи лікування і профілактики вірусних захворювань, має назву *вірусологія*.

¹Нанометр (нм) – міра довжини, яка складає одну мільярдну частину метра, тобто 10⁻⁹ м.



• **Відкриття вірусів.** Перше відоме свідчення про вірусну інфекцію знайдено на давньоєгипетському барельєфі. На ньому зображений жрець з ознаками вірусного захворювання – паралітичного поліомієліту (мал. 30.1). Вивчення мумії фараона Рамзеса V показало, що він помер від вірусного захворювання – віспи – у віці близько 35 років у 1143 році до н. е. На його шкірі виявлено сліди від пустул, типових для цієї хвороби.

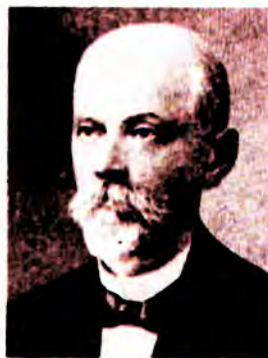


Мал. 30.1. Перше свідчення про вірусну інфекцію – барельєф з будівлі у Мемфісі – столиці Давнього Єгипту (близько 3500 р. до н. е.)

Багато тисяч років віспа нищила населення Землі. Лише за минуле тисячоліття від неї загинуло від 300 до 500 мільйонів людей. 1796 року відбулася важлива подія, завдяки якій протягом наступних віків були розроблені та застосовані в планетарному масштабі профілактичні засоби боротьби з цим захворюванням, передусім вакцинація. Ще у стародавньому Китаї практикували профілактику віспи, вводячи здоровим людям гній з виразок хворих на віспу. Як наслідок, в одних випадках людина переносила легку форму захворювання та набувала стійкого імунітету, в інших – інфекція призводила до смерті. Англійський лікар Едуард Дженнер (1749–1823) дійшов висновку, що успішність вакцинації зумовлена ступенем ослаблення культури паразита. Він увів у розріз шкіри восьмирічного хлопчика вміст пустули доярки, яка перехворіла на так звану коров'ячу віспу. У хлопчика, який ніколи не хворів на віспу, утворилася маленька виразка на місці введення вакцини, яка загоїлася за два тижні. Через півтора місяці Дженнер зробив цьому ж хлопчику щеплення рідиною з пустули хворої на віспу людини, але хвороба не розвинулася. Успіх Дженнера зумовлений тим, що віспа у корів перебігає в легкій формі, а віріони адаптовані до організму хазяїна – корови, тому не здатні викликати важку форму захворювання у людини, однак стимулюють утворення антитіл у її крові.

1885 року відомий французький учений Луї Пастер (1822–1895) уперше перевірів на людині дію вакцини проти сказу. Він зробив щеплення дитині, яку покусав скажений собака, і тим самим зберіг її життя. І хоча на той час віруси ще не були відкриті, саме він ввів терміни *вірус* (від лат. *вірус* – отрута) і *вакцинація* (на честь Е. Дженнера, від лат. *вакка* – корова). Він також розробив наукову базу для здійснення вакцинації.

Відкрив віруси російський учений Д. Івановський (1864–1920), який у 1892 р. оприлюднив роботу про поширення збудника мозаїчної хвороби тютюну. Він довів, що сік уражених рослин, введений здоровим, спричиняє їхнє захворювання. Це відбувалося навіть після фільтрування соку через керамічні фільтри дуже малого діаметра, здатні затримувати



Мал. 30.2. Дмитро Йосипович Івановський – основоположник науки про віруси

найдрібніші бактерії. Івановський вважав збудників мозаїчної хвороби тютюну найдрібнішими істотами. На відміну від інших відомих на той час мікроорганізмів, культуру цих загадкових паразитів не вдалося виростити в лабораторії на жодному з органічних середовищ.

1898 року вчені встановили, що збудник ящуру рогатої худоби також «фільтрується». Було з'ясовано, що ці «істоти» можуть спричиняти інфекційні захворювання не тільки в рослин, а й у тварин. 1901 року було доведено, що жовту пропасницю спричиняє вірус, який переносять двокрилих кровосисні комахи – комарі. 1915 року були відкриті віруси в клітинах бактерій – бактеріофаги («пожирачі бактерій»).

На основі багаторічних досліджень були визначені такі властивості вірусів:

- неклітинна будова;
- облігатний паразитизм у прокаріотичних та еукаріотичних клітинах (тобто паразит здатний жити лише в певних умовах);
- використання органел клітини-хазяїна для синтезу нових вірусних частинок;
- відсутність власного обміну речовин;
- відсутність проявів життєдіяльності поза клітиною-хазяїном.

Багато властивостей вірусів (відсутність клітинної будови, метаболізму, росту, здатність до кристалізації) не притаманні іншим організмам. Проте вони побудовані з органічних речовин, спільних для всіх живих істот, вступають з клітинами у симбіотичний зв'язок (паразитизм), їм притаманні спадковість і мінливість, відповідні місця поширення. Це свідчить про належність вірусів до живої частини біосфери.

• Гіпотези походження вірусів. На сьогодні не існує єдиної точки зору на походження вірусів. Учені розглядають три такі основні гіпотези.

Згідно з гіпотезою регресивної (від лат. – зворотний рух) еволюції, віруси виникли з клітин, які втратили більшість органел. (Пригадайте: є припущення, що подібним шляхом з клітин прокаріотів виникли хлоропласти та мітохондрії.) На жаль, переконливих доказів цієї гіпотези немає.

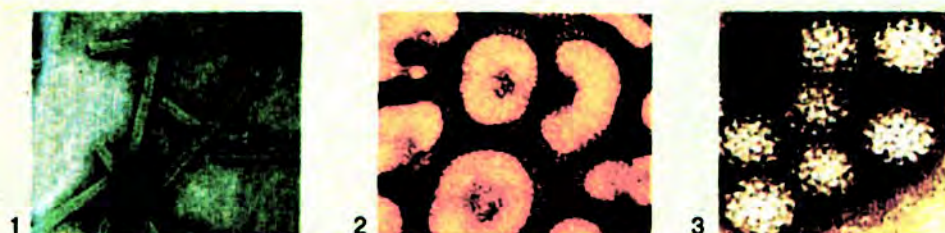
За гіпотезою паралельної еволюції, віруси виникли в прадавні часи незалежно від клітин, використовуючи їхні можливості для перетворення енергії та синтезу білків. Останнім часом більшість учених схиляється саме до цієї гіпотези, оскільки на її користь з'являється все більше доказів, зокрема щодо еволюції РНК.

Гіпотеза «скажених генів», висунута Джеймсом Уотсоном (пригадайте внесок цього вченого в розвиток біології), твердить про те, що віруси як ділянки спадкового матеріалу клітин набули здатність існувати самостійно. Зазначимо, що досі не отримано переконливих доказів на підтримку чи спростування жодної із цих гіпотез.

• Будова вірусів. Усередині інфікованої клітини вірусні частинки, як правило, не виявляють, оскільки їхні компоненти (білки та нуклеїнові кислоти) задіяні в клітинному метаболізмі – відбувається реплікація, транскрипція та трансляція вірусних нуклеїнових кислот, синтез вірусних білків. У зовнішньому середовищі (поза клітиною) віруси перебувають у вигляді окремих частинок – віріонів.

За будовою розрізняють прості та складні віруси. У простих вірусів молекула нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК) оточена тільки білковими молекулами (від декількох десятків до декількох тисяч). Складні віруси під



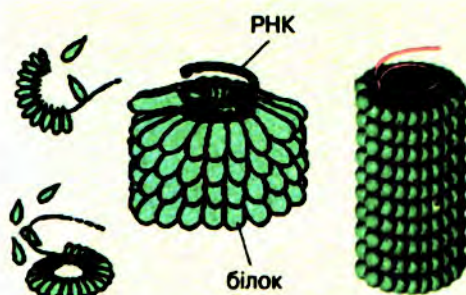


Мал. 30.3. Електронно-мікроскопічні зображення вірусів: 1 – вірусу тютюнової мозаїки; 2 – вірусу грипу (складний вірус, добре видно зовнішню мембрану); 3 – вірусу папіломи (1 і 3 – прості віруси, їхні оболонки не мають зовнішньої мембрани)

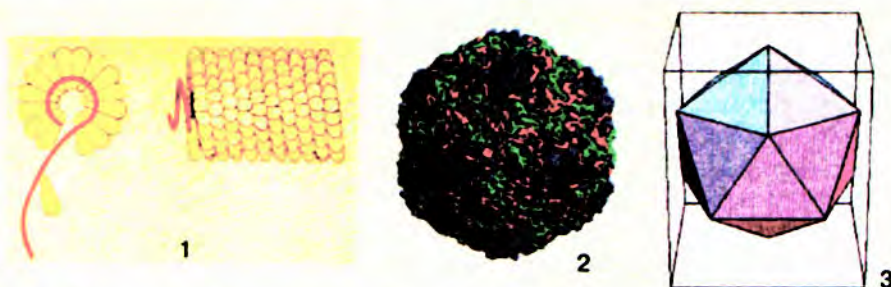
час формування віріонів захоплюють частину клітинної плазматичної мембрани, яку вони «інкрустують» власними білками і використовують як зовнішню оболонку (мал. 30.3).

У складі вірусної частинки може бути тільки один тип нуклеїнової кислоти – або ДНК, або РНК. Молекули нуклеїнових кислот слугують носіями генетичної інформації вірусів. Зверніть увагу: якщо в клітинах прокаріотів та еукаріотів ДНК дволанцюгові, а РНК – одноланцюгові, то у вірусів молекули обох нуклеїнових кислот можуть бути і дволанцюгові, і одноланцюгові.

Ще одна важлива відмінність вірусів від клітин прокаріотів та еукаріотів полягає в їхньому унікальному способі утворювати віріони внаслідок так званого *самозбирання* (мал. 30.4). Переважна більшість простих вірусів збирається в чітко визначеному порядку, утворюючи симетричні структури (мал. 30.5). Залежно від виду вірусу, віріон може мати ікосаедричний (наприклад, збудники поліомієліту, папіломи), спіральний (вірус тютюнової мозаїки) або змішаний (бактеріофаги)



Мал. 30.4. Самозбирання вірусу тютюнової мозаїки



Мал. 30.5. Спіральний тип симетрії віріона тютюнової мозаїки (1); ікосаедричний тип симетрії віріона поліомієліту (2); симетрична геометрична фігура ікосаедр (3)



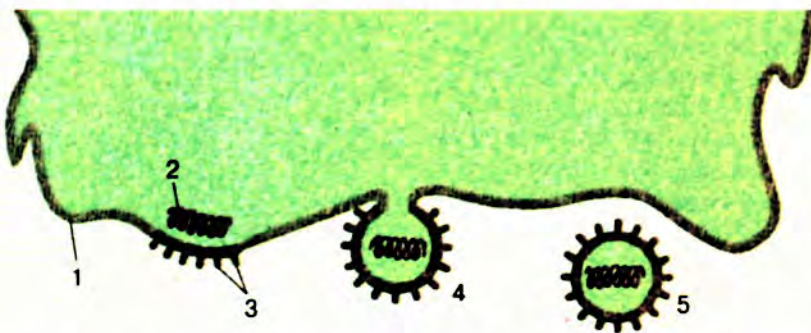


Мал. 30.6. Електронно-мікроскопічна фотографія віріона бактеріофага Т4

типи симетрії. (Ікосаедр – об'ємний 20-гранник.) На малюнку 30.6 зображено віріон бактеріофага Т4, в якого «головка» з молекулою ДНК усередині побудована за ікосаедричним типом симетрії, а «хвіст» – за спіральним. Хвіст оточений чохлом з білків; усередині хвоста проходить порожнистий стрижень, через який молекула ДНК впорскується в клітину бактерії. Зверніть увагу, що цей бактеріофаг, незважаючи на ускладнення будови, належить до простих вірусів, оскільки не має зовнішньої оболонки з ліпідів і вуглеводів.

Прості віруси виходять з ураженої клітини зазвичай унаслідок пошкодження плазматичної мембрани вірусними ферментами або руйнування (апоптозу) клітини. Віріони складних вірусів покидають клітину в оточенні ділянки її плазматичної мембрани. Цей процес називається брунькуванням (мал. 30.7).

Віруси належать до особливого підрозділу живої природи – царства **Віра**.



Мал. 30.7. Схема виходу складних віріонів з клітини шляхом брунькування: 1 – плазматична мембрана клітини; 2 – нуклеокапсид (внутрішня білкова оболонка складного вірусу); 3 – вірусні поверхневі білки, вбудовані в плазматичну мембрану клітини; 4 – брунькування через плазматичну мембрану; 5 – зріла вірусна частинка

Ключові терміни та поняття. Віруси прості та складні, вірусологія, віріон.

Наука, яка вивчає будову і функції вірусів, їхні властивості, шляхи передачі та способи лікування і профілактики вірусних захворювань, має назву **вірусологія**.

Віруси – неклітинні форми життя. Це внутрішньоклітинні паразити прокаріотичних та еукаріотичних організмів. За межами клітин хазяїна вірусні частинки не виявляють жодних ознак живого. Їхнє розмноження можливе лише всередині клітини, в якій вони паразитують. Для розмноження віруси використовують структури, органічні речовини та енергію клітини-хазяїна.

Кожна вірусна частинка (віріон) складається з єдиної одно- або дволанцюгової молекули ДНК або РНК та оболонки. Залежно від

Коротко
про
головне



особливостей хімічного складу оболонки вірусних частинок віруси поділяють на прості та складні. У простих вірусів оболонка складається лише з білків, у складних – до її складу входять також ліпіди та вуглеводи. Учені відносять віруси до особливого підрозділу живої природи – царства Віра.



Запитання для самоконтролю

1. Яка наука вивчає віруси? 2. Як було відкрито віруси? 3. Які особливості будови вірусних частинок? Які віруси називають простими та складними? 4. Чим нуклеїнові кислоти вірусів відрізняються від нуклеїнових кислот прокаріотів та еукаріотів? 5. Що таке віріон?



Поміркуйте. Будова вірусних частинок значно простіша, ніж клітин еукаріотів і прокаріотів. Чи могли віруси з'явитися раніше організмів, які мають клітинну будову?

§31. РОЗМНОЖЕННЯ ВІРУСІВ. ОСНОВНІ ЕТАПИ ВЗАЄМОДІЇ ВІРУСУ І КЛІТИНИ

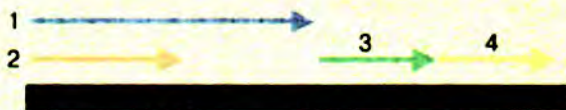


Пригадайте: як розмножуються клітини? Що таке реплікація, транскрипція, трансляція? Що таке мутації? Які особливості будови бактеріофагів?

Як ви вже знаєте, віруси мешкають усередині клітин та не здатні самостійно забезпечувати власні обмін речовин і перетворення енергії. Вірусам притаманна вибіркова здатність потрапляти до певних про- та еукаріотичних клітин, у яких існують сприятливі умови для подальшого розмноження. Способи проникнення віріонів до клітин досить різноманітні та залежать від особливостей будови поверхневого апарату видів-хазяїв.

• **Віруси рослин.** Рослинні клітини, крім плазматичної мембрани, вкриті також міцною і потовщеною целюлозною клітинною стінкою, яка практично непроникна навіть для вірусів. Віріони можуть потрапити в цитоплазму клітин рослин лише через ушкоджені ділянки клітинної стінки. Наприклад, відомий вірус тютюнової мозаїки проникає в клітини нових хазяїв через подряпини листкових пластинок чи кореневих волосків. Однак більшість вірусів рослин «обрала» інший шлях – вони набули здатності до проникнення в клітину-хазяїна завдяки різноманітним тваринам-переносникам – комахам (попелиці тощо) та круглим червам, які живляться соком певних видів рослин, проколюючи клітинну стінку. Із рослинними рідинами до переносника потрапляють вірусні частинки. Вони циркулюють в організмі переносника, однак врешті-решт накопичуються в слинних залозах. Під час живлення тварини впорскують у клітини рослин слину разом із вірусними частинками.

У вірусів, що містять ДНК, генетична інформація з її молекули переписується на молекулу іРНК, яка включається в механізми синтезу білка клітиною-хазяїном. Вірусна РНК після проникнення до цитоплазми одразу потрапляє до рибосом, де на основі її спадкової інформації утворюються вірусні білки. Проте перед вірусом «постає», здавалося б, нерозв'язна проблема: для нових дочірніх вірусних частинок треба синтезувати такі самі одиоланцюгові молекули РНК. Але у клітині відсутні ферменти, які б забезпечували перезапис інформації з однієї молекули РНК на іншу. Виявляється, до складу РНК вірусу входять два гени, які кодують особливий



Мал. 31.1. Структура спадкового матеріалу вірусу тютюнової мозаїки. Показане взаєморозміщення чотирьох генів: 1, 2 – кодують білки, що входять до складу ферменту, 3 – кодує білок руху, 4 – кодує структурний білок

фермент. За його допомогою інформація безпосередньо перезаписується з однієї молекули РНК на іншу під час синтезу вірусних частинок.

Вірусні білки бувають декількох типів. Одні з них – це ферменти, що забезпечують самовідтворення молекул вірусної РНК або ДНК, інші – структурні білки оболонок нових вірусних частинок. На побудову нових вірусних частинок витрачаються енергія і «будівельні матеріали» (амінокислоти та нуклеотиди) клітини. У результаті цього в цитоплазмі клітини накопичується багато молекул вірусних білків і нуклеїнових кислот. З них у подальших процесах самозбирання формуються нові вірусні частинки. Цей процес дещо нагадує складання автомобіля на конвеєрі. У певних місцях клітини із структурних білків утворюються попередники оболонок вірусів, до кожної з яких приєднуються молекули вірусної геномної нуклеїнової кислоти. Так утворюються повноцінні віріони.

Ми щойно розглянули процеси, які відбуваються всередині інфікованої клітини. Але як вірусна інфекція поширюється по рослині і спричиняє розвиток захворювання? Учені детально вивчили закономірності поширення вірусу тютюнової мозаїки між клітинами та органами рослини-хазяїна. Виявляється, для інфікування сусідніх клітин віруси використовують плазмодесми, які проходять крізь клітинні стінки. Встановлено, що РНК вірусу тютюнової мозаїки кодує особливий білок руху (мал. 31.1). Він зв'язується з РНК вірусу і транспортує її через плазмодесму до сусідньої здорової клітини. До різних органів рослини вірусні частинки потрапляють з рухом розчинів поживних речовин по ситоподібних трубках.

Слід пам'ятати, що запис генетичної інформації у вигляді РНК сприяє збільшенню кількості самочинних мутацій, адже надійність якісного перезапису з однієї молекули РНК на іншу приблизно на три порядки менша, ніж у разі перезаписування з молекули ДНК на молекулу іРНК: ймовірність помилок у тисячу разів більша. Як наслідок, генетична інформація



Мал. 31.2. Порівняння будови клітинних оболонок грам-позитивних (I) і грам-негативних (II) бактерій



РНК-умісних вірусів дуже швидко змінюється. Так утворюються генетично неоднорідні популяції вірусів.

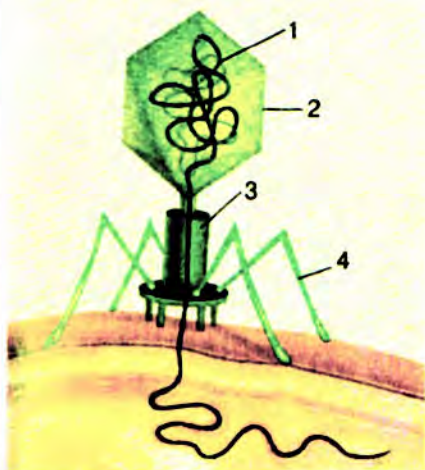
• Віруси бактерій, або бактеріофаги.

Бактеріальна клітина надійно захищена від навколишнього середовища своєрідним «фортечним муром» – клітинною стінкою складнішої будови, ніж у рослин і грибів (мал. 31.2). Тому процес проникнення частинок бактеріофагів до прокариотичної клітини-хазяїна має особливості.

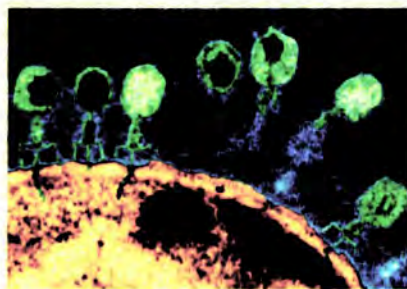
Розглянемо цей процес на прикладі вже відомого нам бактеріофага Т4 (мал. 31.3). До кінця його хвостового відростка приєднано шість білкових ниток, які закінчуються особливими ділянками – рецепторами. У свою чергу, на поверхні клітинної стінки бактеріальної клітини-хазяїна (бактеріофаги Т4 «спеціалізуються» на бактеріях кишкової палички) є глікопротеїди (як ви пам'ятаєте, так називають сполуки білків з вуглеводами), з якими і зв'язуються рецептори вірусу. Після цього бактеріофаг щільно притискає до клітинної стінки хвостовий відросток і впорскує свою дволанцюгову молекулу ДНК в цитоплазму клітини (мал. 31.3, 31.4).

За дуже короткий час (20–40 хвилин) в інфікованій клітині накопичується велика кількість вірусних структурних білків і копій ДНК. Після самозбирання у цитоплазмі бактерії утворюється близько 100 нових вірусних частинок. Особливі ферменти вірусів розчиняють клітинну стінку зсередини, і віріони опиняються у навколишньому середовищі. Генетичний матеріал бактеріофага Т4 включає близько 150 генів.

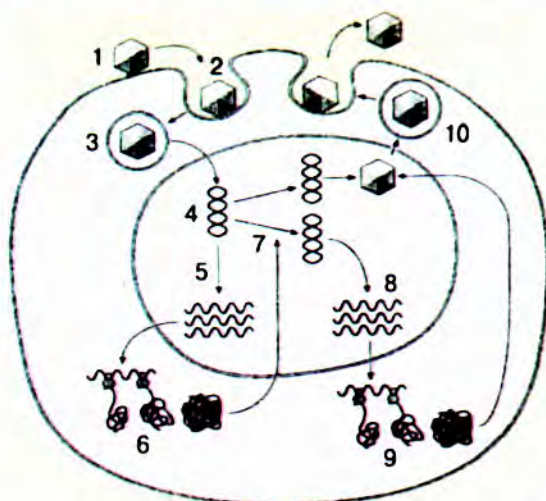
• **Віруси людини і тварин.** Розглянемо особливості розмноження вірусів людини і тварин на двох прикладах: вірусу поліомієліту та вірусу імунодефіциту людини. Перший з них є простим вірусом, другий – складним. Вірус поліомієліту має специфічні рецептори, розташовані на поверхні його вірусної частинки. Після приєднання вірусної частинки до плазматичної мембрани чутливої клітини вона вгинається всередину, утворюючи пухирець, який транспортує вірус до зернистої ендоплазматичної сітки, де вірусна РНК звільняється і відбувається синтез вірусних білків. Нові молекули РНК вірусу поліомієліту синтезуються в ядрі клітини, яке внаслідок цього руйнується. Велика кількість вірусних молекул РНК виходить із ядра, і в процесі самозбирання формуються нові вірусні частинки.



Мал. 31.3. Схематична будова бактеріофага Т4: 1 – генетичний матеріал у вигляді дволанцюгової ДНК; 2 – головка; 3 – хвостовий відросток із чохлам; 4 – білкові нитки



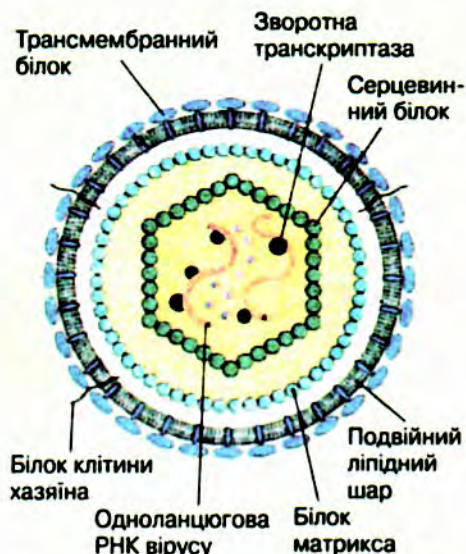
Мал. 31.4. Електронно-мікроскопічна фотографія моменту впорскування ДНК бактеріофага Т4 в цитоплазму бактеріальної клітини



Мал. 31.5. Життєвий цикл вірусу поліомієліту: 1 - приєднання до чутливої клітини; 2 - вгинання цитоплазми клітинної мембрани; 3 - утворення пухирця; 4 - проникнення вірусної РНК до ядра; 5 - транскрипція вірусної РНК; 6 - трансляція іРНК; 7 - реплікація вірусного геному; 8 - синтез структурних білків вірусу; 9 - самозбирання вірусу; 10 - «вихід» віріонів з інфікованої клітини

Віріони потрапляють у позаклітинний простір після руйнування плазматичної мембрани (мал. 31.5).

На прикладі **вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ)** ви дізнаєтеся про те, як формуються складні вірусні частинки. Проте спочатку ознайомимося з основними характеристиками цього вірусу. Як видно з малюнка 31.6, вірусна частинка складається з двох однакових молекул одноланцюгової РНК, оточених білковою оболонкою. Зовні від неї є ще одна оболонка, яка насправді є ділянкою мембрани клітини-хазяїна. Вона складається з ліпідів і полісахаридів, а також поверхневих вірусних білків-рецепторів; у складі віріона є специфічний фермент (зворотна транскриптаза) для забезпечення перезапису генетичної інформації з молекули вірусної РНК на молекулу ДНК клітини-хазяїна.

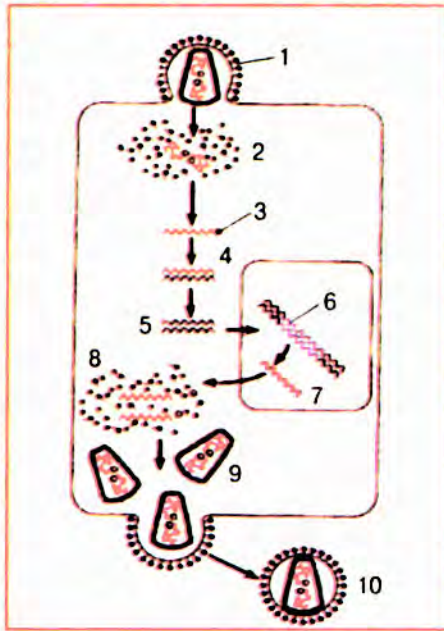


Мал. 31.6. Схематична будова вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ)

• **Як розмножується вірус імунодефіциту людини?** За допомогою поверхневих білків віріони ВІЛ визначають чутливі клітини (зазвичай це Т-лімфоцити) та прикріплюються до їхньої поверхні. У результаті такої взаємодії поверхнева мембрана віріона зливається з плазматичною мембраною клітини, а його центральна частина потрапляє до цитоплазми (мал. 31.7), де відбувається матричний синтез дволанцюгової вірусної ДНК. На наступному етапі вона транспортується до ядра, де вбудовується в одну із хромосом. Після цього вірусна ДНК може тривалий час співіснувати із хромосомою (так званий провірус) у пасивному стані, тобто не реалізуючи власну генетичну інформацію. Інфі-



Мал. 31.7. Життєвий цикл вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ): 1 – приєднання ВІЛ до чутливої клітини та проникнення всередину; 2 – «роздягання» вірусу; 3–4 – зворотна транскриптаза геному вірусу; 5 – утворення дволанцюгової ДНК вірусу; 6 – вбудовування геному вірусу в геном клітини; 7–8 – синтез іРНК і білків вірусу; 9 – збирання та брунькування вірусу; 10 – вихід нових вірусів із клітини



кованих вірусом імунодефіциту людей на цьому етапі розвитку захворювання називають носіями ВІЛ.

Однак під дією певних чинників клітинного середовища ДНК вірусу може перейти до активного стану, тобто розпочинаються її транскрипція та синтез білків ВІЛ, які накопичуються в цитоплазмі. Зокрема, білки, які відповідають за утворення зовнішньої

оболонки вірусу, проникають до цитоплазматичної мембрани, формуючи ділянки, які в подальшому стануть зовнішньою оболонкою складної вірусної частинки (мал. 31.7). В одній інфікованій клітині може одночасно синтезуватися близько сотні нових вірусних частинок. У разі їхнього одночасного відбруньковування від плазматичної мембрани клітина гине. Оскільки ВІЛ уражає Т-лімфоцити, їхня загибель призводить до дефіциту імунних клітин в організмі. Звідси походить назва – вірус імунодефіциту людини. Нагадаємо, що цей вірус спричиняє смертельно небезпечне захворювання людини – **синдром¹ набутого імунодефіциту людини (СНІД)**.

Ключові терміни та поняття. Бактеріофаг, вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), синдром набутого імунодефіциту людини (СНІД).

Вірусам рослин для проникнення в цитоплазму необхідне ушкодження клітинної стінки внаслідок механічних впливів або дії ротових органів безхребетних тварин-переносників (комахи та круглі черви). Сусідні клітини інфікуються через плазмодесми.

Під час перебування вірусу в клітині синтезуються вірусні білки, одні з яких діють як ферменти, що забезпечують подальше відтворення молекул вірусних нуклеїнових кислот, інші – слугують компонентами оболонок нових вірусних частинок.

Коротко
про
головне

¹Синдром (від грец. *синдроме* – той, хто біжить разом) – сукупність ознак (симптомів) певного захворювання.

Коротко
про
головне

- ▶ Бактеріофаги знаходять прокаріотичних хазяїв за допомогою рецепторів, що приєднуються до глікопротеїдів бактеріальної клітинної стінки.
- ▶ Простий вірус поліомієліту складається з молекули РНК (синтезується в ядрі клітини-хазяїна) та білкової оболонки. Частинка (віріон) складного вірусу імунodefіциту людини (ВІЛ) має додаткову оболонку з мембрани клітини-хазяїна.
- ▶ Оскільки ВІЛ уражає Т-лімфоцити, їхня загибель призводить до нестачі (дефіциту) носіїв клітинного імунітету в організмі. Звідси походить назва – вірус імунodefіциту людини.



Запитання для
самоконтролю

1. Які особливості розмноження вірусів рослин і грибів? 2. Які особливості розмноження бактеріофагів? 3. Що вам відомо про утворення простих та складних віріонів? Наведіть приклади.

Поміркуйте. Деякі з учених заперечують, що вірус імунodefіциту людини (ВІЛ) спричиняє захворювання на СНІД. Як це можна спростувати чи підтвердити?

§ 32. РОЛЬ ВІРУСІВ У ПРИРОДІ ТА ЖИТТІ ЛЮДИНИ. ВІРУСНІ ІНФЕКЦІЇ ЛЮДИНИ І ТВАРИН



Пригадайте: що таке паразитизм та інфекція? Які способи зараження збудниками захворювань вам відомі? Що таке переносники? Які організми слугують переносниками вірусних інфекцій?

• **Особливості поширення вірусів у біосфері.** Ми вже знаємо, що віруси є внутрішньоклітинними паразитами різноманітних видів прокаріотів та еукаріотів. Тому поширення вірусів у біосфері визначене ареалами чутливих до них організмів.

Певні види вірусів завжди мають певну сукупність (коло) видів хазяїв. Цікаво, що віруси рослин не інфікують людину, тварин і бактерії, віруси бактерій – відповідно рослини і тварини, віруси людини і тварин – рослини і бактерії.

З іншого боку, організми одного виду (наприклад, людина) можуть уражатися вірусами багатьох видів, які паразитують у клітинах різних тканин та органів (як-от: вірусні інфекції дихальних шляхів, органів травлення, нервової системи, шкіри тощо). Деякі вірусні інфекції характерні тільки для людини (наприклад, гепатит В, ВІЛ) або лише певних видів тварин (ящур, чума собак), рослин, грибів чи бактерій. Відомі віруси з широким колом хазяїв, наприклад спільні для людини та різних видів диких або свійських тварин (кліщового енцефаліту, сказу, жовтої пропасниці).

Прийстосування вірусів до паразитизму проявляються в різноманітності способів ефективного зараження хазяїв. Розглянемо шляхи передачі вірусів на прикладі людини. Віріони збудників захворювань органів дихання



потрапляють до хазяїв повітряно-крапельним шляхом (грип); органів травлення – з їжею та водою (гепатит¹ А); покривів тіла – через слизові оболонки (герпес, віспа, папілома).

Переносниками віріонів часто слугують різні членистоногі, зокрема кровосисні комарі (жовта пропасниця, лихоманка Західного Нілу) та кліщі (тайговий, або кліщовий, енцефаліт). Зараження можливе також при недотриманні санітарних норм під час переливання крові або хірургічних операцій (віруси гепатиту В, імунodefіциту людини). Для деяких вірусів встановлена можливість передачі при статевих контактах (герпес, імунodefіцит людини, гепатит С).

Не завжди потрапляння вірусу до організму призводить до розвитку хвороби. Це залежить від чутливості хазяїна, стану його імунної системи, концентрації вірусних частинок та їхньої **патогенності** (здатності спричиняти патологічний процес).

Досить часто виникають сприятливі умови для поширення вірусів, що призводить до спалахів епідемії інфекційних захворювань (грипу, кору, СНІДу). Нагадаємо: **епідемією** (від грец. *епідемія* – поширена в народі хвороба) називають масове поширення в певній місцевості того чи іншого захворювання.

Слід відмітити, що в переліку значних катастрофічних подій, які спіткали людство за всю його історію, одне з чільних місць посідає епідемія вірусу грипу 1918 року, так звана іспанка. Ця епідемія забрала понад 50 млн життів (порівняйте – у Другій світовій війні за 6 років загинуло близько 50 млн людей).

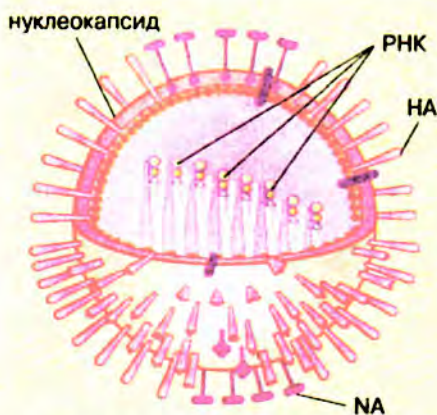
Науку, яка вивчає закономірності перебігу епідемій, тобто досліджує причини виникнення і поширення інфекційних хвороб та застосовує отримані знання для боротьби з ними, називають **епідеміологією** (від грец. *епідемія* та *логос* – наука). Значний внесок у розвиток цієї науки зробив відомий український учений Д.К. Заболотний. Головне положення епідеміології говорить про те, що епідемічний процес виникає і підтримується тільки за умови спільних дій таких первинних чинників: наявності джерела збудника; здійснення механізму його передачі; високого ступеня сприйнятливості популяції хазяїв до інфекції. Якщо вилучити хоча б один із цих чинників, епідемічний процес припиняється. Саме на цьому ґрунтуються засоби попередження (профілактики) інфекційних захворювань.

Для здійснення профілактичних заходів необхідно правильно визначити (діагностувати) збудника захворювання. Така діагностика дає змогу зрозуміти біологію вірусу: шляхи його передачі, здатність уражати ті чи інші клітини та органи, а також правильно застосовувати засоби профілактики. Докладніше розглянемо розвиток епідемічного процесу на двох конкретних прикладах вірусів, які значно відрізняються за своїми властивостями: грипу та імунodefіциту людини.

• **Вірус грипу**, як ми вже знаємо, належить до складних вірусів (*пригадайте, які ознаки їм притаманні*). Його генетична інформація закодована

¹Гепатити (від грец. *гепатос* – печінка) – група захворювань, які проявляються запаленням печінки. Розрізняють інфекційні та токсичні (унаслідок отруєння) гепатити.





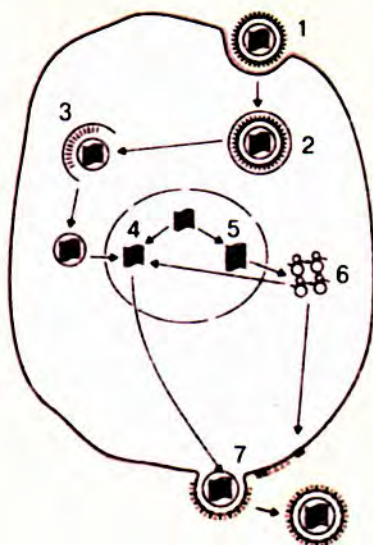
Мал. 32.1. Схематична будова вірусу грипу: NA та HA – різні поверхневі білки

нованих клітин в організмі викликає кашель, підвищення температури. Вірусні частинки під час кашлю зі слиною хворого потрапляють на слизові оболонки здорових людей. Так може розпочатися епідемія грипу. Найчастіше це відбувається восени та взимку (поміркуйте, чому).

Чому майже щороку люди хворіють на грип? Адже імунна система повинна була б забезпечити несприйнятливості організму до цього вірусу. Відповідь проста: щоразу, коли починається епідемія, ми маємо справу з новим вірусом, генетична інформація якого змінилася (відбулася мутація). Саме тому наша імунна система не може його знешкодити.

Як виникають віруси-мутанти зі зміненою генетичною інформацією? Насамперед РНК вірусу здатна змінюватися сама по собі (унаслідок помилок під час перезапису генетичної інформації). Але головна причина в

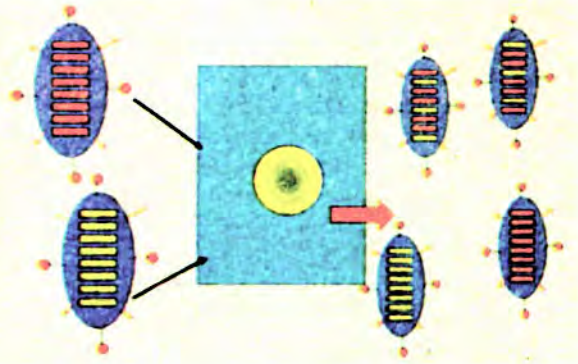
іншому – віруси грипу людини за будовою та властивостями подібні до вірусів – збудників схожих на грип захворювань диких птахів і свиней. Існує гіпотеза про те, що вірус грипу потрапив до людської популяції саме від птахів. Це підтверджує той факт, що в оболонці віріонів пташиного грипу виявлено 25 різновидів поверхневих білків, а у збудника свинячого та людського грипу – лише деякі з них. Занепокоєність світової спільноти можливим



Мал. 32.2. Життєвий цикл вірусу грипу: 1 – приєднання вірусу до чутливої клітини; 2 – утворення ендосоми (пухирця) з вірусом; 3 – злиття мембран і потрапляння РНК вірусу в цитоплазму; 4 – проникнення РНК вірусу до ядра клітини; 5 – транскрипція і реплікація вірусної РНК; 6 – синтез вірусних структурних білків та збирання віріонів; 7 – «вихід» віріонів з клітини



Мал. 32.3. Обмін ділянками молекул РНК між різними штамами вірусу грипу: 8 червоних і 8 жовтих смужок – елементи РНК двох різних штамів

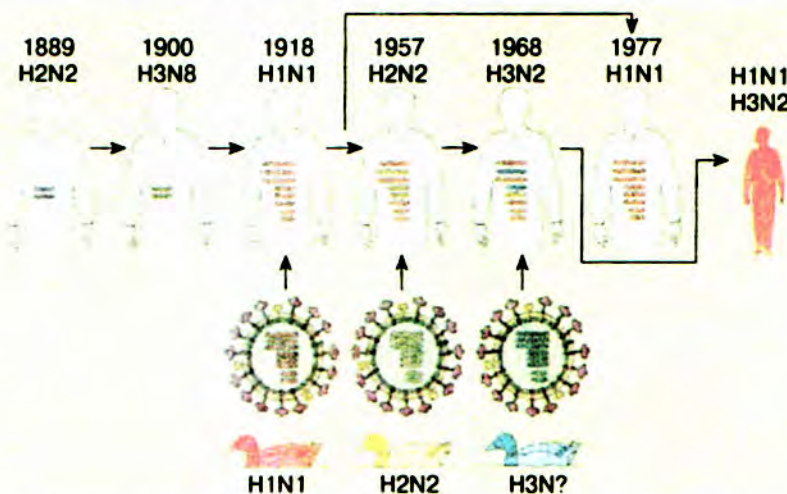


розвитком епідемії «пташиного грипу» серед людей пов'язують з тим, що в оболонці віріонів цього захворювання знайдений білок, який раніше не виявляли в оболонці вірусів людини – H5N1.

Як вірус набуває нових ознак? Часто в одну клітину потрапляють не один, а два чи більше різновидів (штамів) вірусів, між якими можливий обмін однією або декількома ділянками РНК (мал. 32.3). У такий спосіб виникають нові віруси з раніше невідомими властивостями. Вважають, що саме в такий спосіб з'явився вірус грипу, який спричинив епідемію «іспанки» 1918 року (мал. 32.4).

• **Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ)** призводить до розвитку смертельно небезпечного захворювання – синдрому набутого імунодефіциту, тобто СНІДу. (СНІД можуть викликати і деякі інші причини, пов'язані з відмовою імунної системи реагувати на збудників тих чи інших захворювань.) ВІЛ був відкритий 1983 року вченими Пастерівського інституту (Париж) Л. Монтаньє та Ф. Барре-Синуссі, за що вони 2008 року отримали Нобелівську премію в галузі медицини.

Ви вже знаєте про основні біологічні властивості ВІЛ, тому розглянемо епідеміологічні проблеми СНІДу. Зараження ВІЛ відбувається під час ста-



Мал. 32.4. Послідовні штами (еволюція) вірусу грипу людини



тевих контактів із ВІЛ-інфікованими, у разі порушень санітарних правил переливання крові, ін'єкцій лікарських препаратів і наркотиків за допомогою шприца, який перед тим використовувала інфікована людина. Крім того, вірус може надходити від матері до дитини під час вагітності, пологів або вигодовування молоком. ВІЛ не передається повітряно-крапельним шляхом, з їжею, через укуси кровосисних комах та кліщів, через речі та при рукогостисканні.

З моменту проникнення вірусу в чутливу клітину починається прихований період ВІЛ-інфекції – вірусоносійство, який може тривати 7–10 років і більше. У цей час інфікована людина почувається цілком здоровою. Рано чи пізно починається саме захворювання – СНІД, що триває зазвичай 1–3 роки та завжди закінчується смертю. До цього часу не зареєстровано жодного випадку одужання ВІЛ-інфікованої людини. Це пов'язано з тим, що ВІЛ вбудовує свою генетичну інформацію у вигляді дволанцюгової ДНК у хромосому клітини, яка (а відповідно й організм) довічно стає носієм вірусу. Оскільки вірус вражає клітини імунної системи, зокрема Т-лімфоцити та макрофаги, у разі розвитку СНІДу інфіковані клітини масово гинуть. Імунна система перестає знешкоджувати збудників різних хвороб. Тому хворий гине не від вірусу імунодефіциту, а внаслідок інших інфекцій, збудників яких в нормі наша імунна система активно пригнічує (наприклад, молочниці, яку спричиняє паразитичний грибок). Вірус імунодефіциту людини за останні 25 років значно поширився серед населення різних країн, серед яких і Україна, а СНІД набув характеру *пандемії* (від грец. *пандемія* – весь народ) – епідемії, що охоплює більшість країн на нашій планеті.

Пандемія СНІДу – унікальне явище в історії людства за швидкістю розповсюдження, масштабами та глибиною наслідків. Починаючи з 1981 року, коли був зареєстрований перший випадок захворювання, від СНІДу вже померло 20 млн людей, і ще близько 44 млн у всьому світі живуть з ВІЛ-інфекцією. Зростання захворюваності на СНІД часто буває не прогнозованим, оскільки шляхи передачі вірусу міняються місцями. Наприклад, раніше в Україні основним шляхом передачі ВІЛ був ін'єкційний, а останнім часом почав переважати гетеросексуальний. Якщо на початку епідемії кількість ВІЛ-інфікованих чоловіків значно переважала кількість інфікованих жінок, то тепер жінки становлять близько 50 % заражених людей, а половина нових випадків інфікування ВІЛ у світі припадає на вікову групу 15–24 роки. Протягом останніх років понад 6 тисяч молодих людей щодня заражуються цим небезпечним вірусом.

За цей час людство навчилось ефективно протистояти епідемії завдяки впровадженню лікувальних препаратів і профілактиці розповсюдження вірусу. Широка поінформованість суспільства та інтенсивні профілактичні засоби дали змогу деяким країнам знизити рівень передачі ВІЛ-інфекції. Але загалом у світі кількість інфікованих людей щорічно зростає.

Підсумовуючи проблему поширення вірусів та епідеміології вірусних захворювань, слід відзначити провідну роль людини в появі нових і збільшенні патогенності давно відомих вірусних інфекцій. Такі чинники, як широкомасштабні транспортні перевезення людей, їхніх продуктів харчування тощо, забруднення повітря, нищення лісів, міграції диких тварин унаслідок руйнування середовищ їхнього мешкання, розширення ареалів (інтродукція) свійських тварин і культурних рослин, тривале вирощування



на певній території одних і тих самих культур, порушення правил переливання крові, випадкові статеві контакти, вживання наркотиків, неконтрольований ріст великих міст призводять до поширення інфекцій серед людських популяцій і спадкових змін самих вірусів.

Ключові терміни та поняття. Патогенність, епідеміологія, пандемія.

- ▶ Поширення вірусів як внутрішньоклітинних паразитів у біосфері визначене ареалами чутливих до них організмів. Певні види вірусів завжди мають певну сукупність (коло) видів хазяїв; зокрема, віруси рослин не інфікують людину, тварин і бактерії, віруси бактерій – відповідно рослини і тварини тощо.
- ▶ В організмах одного виду можуть мешкати різні види вірусів, які паразитують у клітинах різних тканин та органів. Деякі вірусні інфекції характерні тільки для людини або певних видів тварин, рослин, грибів чи бактерій. Інші віруси мають широке коло хазяїв, наприклад, спільні для людини та різних видів диких або свійських тварин (кліщовий енцефаліт, сказ, жовта лихоманка).
- ▶ Пристосування вірусів до внутрішньоклітинного паразитизму проявляються в різноманітності способів ефективного зараження хазяїв. Віріони збудників захворювань органів дихання потрапляють до хазяїв повітряно-крапельним шляхом (грип); травлення – з їжею та питтям (гепатит А); покривів тіла – через слизові оболонки (герпес, віспа, папілома). Переносниками віріонів часто слугують різні членистоногі, зокрема кровосисні комарі (жовта пропасниця) та кліщі (кліщовий енцефаліт). Зараження можливе також при недотриманні санітарних норм під час переливання крові або хірургічних операцій (гепатит В, ВІЛ). Для деяких вірусів встановлена можливість передачі при статевих контактах (герпес, ВІЛ, гепатит С).
- ▶ Науку, яка вивчає причини виникнення й поширення інфекційних хвороб та застосовує отримані знання для боротьби з ними, називають епідеміологією.
- ▶ Віруси здатні до спадкових змін шляхом мутацій або обміну ділянками РНК між різними видами. Ця їхня властивість сприяє виникненню нових вірусних частинок та інфекційних захворювань, наприклад вірусу імунodefіциту людини (ВІЛ), який спричинює смертельну хворобу – синдром набутого імунodefіциту (СНІД).

Коротко
про
головне



Завдання для
самодіагностики

1. Які ви знаєте шляхи передачі збудників вірусних інфекцій людини, тварин і рослин у природі? 2. Які ви знаєте способи запобігання вірусним інфекціям? 3. Що таке епідемічний процес? 4. Які основні характеристики вірусів грипу та ВІЛ?

Поміркуйте: Чому найбільше ВІЛ інфікованих людей реєструють у бідних країнах?

§ 33. ПРОФІЛАКТИКА ТА ЛІКУВАННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ



Пригадайте: що становить собою імунна система людини? Які види імунітету вам відомі? Що таке вакцина та з якою метою її застосовують? Що таке лізоцим, інтерферон, макрофаги?

• **Профілактика вірусних інфекцій.** Вірусні інфекції завдають величезної шкоди здоров'ю людини й значних збитків тваринництву, рослинництву та мікробіологічній промисловості. Тому вірусологи шукають можливості запобігання розвитку вірусних інфекцій та ефективні засоби лікування уражених організмів. Оскільки віруси є внутрішньоклітинними паразитами, то ліків, які б були дієвими проти них і водночас безпечними для всіх клітин організмів хазяїв, поки що не знайдено. Отже, на сьогодні головним напрямом антивірусної стратегії є запобігання (профілактика) вірусних інфекцій. Усі засоби профілактики можна поділити на три основні категорії:

- заходи, спрямовані на ліквідацію джерел поширення збудника (наприклад, ізоляція хворих);

- заходи, спрямовані на переривання механізму передачі збудника від інфікованих особин до здорових: застосування респіраторів, засобів гігієни, препаратів, що знищують кровосисних комах – переносників вірусів тощо;

- заходи, спрямовані на створення специфічної несприйнятливості населення (імунізація) – здійснення профілактичного щеплення.

Ви вже знаєте, що після відкриття Е. Дженнером вакцини проти вірусу віспи та досліджень Л. Пастера стало можливим масове щеплення населення. Це сприяло різкому зниженню захворюваності на певні вірусні інфекції. Так, у 1981 р. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) оголосила, що завдяки масовим щепленням та іншим засобам профілактики вірус віспи в біосфері зник, а ця хвороба перестала існувати як загроза людству.

• **Механізми створення стійкості до вірусних інфекцій.** Якщо ввести в організм вакцину – послаблену або неактивну культуру певного вірусу, то імунна система активується і стає готовою до боротьби з високопатогенним штамом цього збудника. Тепер існують вакцини проти більшості відомих високопатогенних вірусів.

З'ясуємо докладніше процеси, які відбуваються при виробленні імунітету у разі введення в кров людини вакцини, на прикладі вірусу віспи корів. Коли вірус з'являється в організмі, деякі види білих кров'яних клітин (лімфоцитів) розпізнають його поверхневі білки як невластиві людині (чужорідні), тобто *антигени*. У відповідь особливі В-лімфоцити виробляють специфічні білки – *антитіла*, або імуноглобуліни, які нейтралізують (роблять неактивними) антигени. Антитіла, у свою чергу, вводять у дію механізми так званої *імунної пам'яті*. Вона проявляється в тому, що при повторному потрапленні в організм певного антигену швидко утворюється велика кількість антитіл, які припиняють розвиток захворювання.

Встановлено, що смертельно небезпечний вірус віспи людини дуже подібний до вірусу віспи корів, зокрема їхні поверхневі білки практично однакові. Введення вірусу віспи корів у складі вакцини в організм люди-



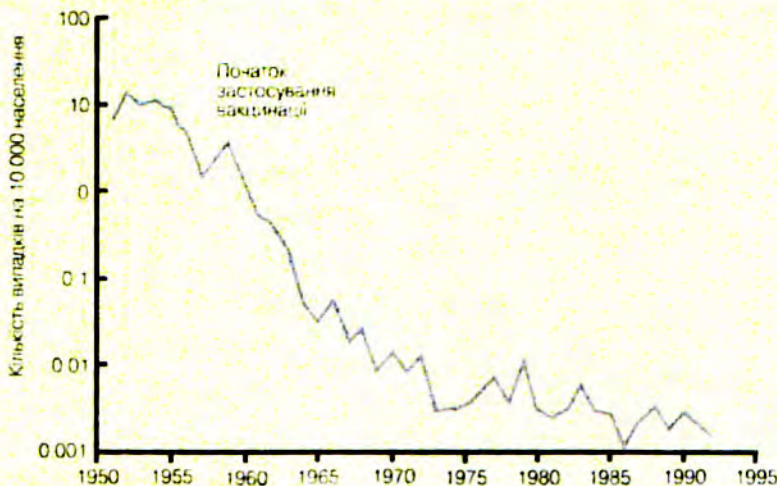
ни зумовлює утворення антитіл, які ефективні і проти людської віспи. Цим самим завдяки *імунній пам'яті* людина убезпечена від захворювання на віспу. Всі сучасні антивірусні вакцини діють саме за таким принципом: в організм вводять ослаблений вірус або вірусний білок, у відповідь на який виробляються антитіла і розвивається імунна пам'ять. Отже, вакцинація робить організм стійким до даного вірусу на багато років або на все життя.



Мал. 33.1. Унаслідок поліомієліту людина стає інвалідом

Саме завдяки імунізації людство практично позбулося ще однієї страшної недуги – вірусного поліомієліту. Ще до середини минулого сторіччя ця хвороба вважалася однією з найнебезпечніших, оскільки віріони потрапляли до людини через кишковий тракт, а в подальшому – вражали нейрони. У людини розвивався паралітичний поліомієліт унаслідок блокування нервових імпульсів до рухових скелетних м'язів (мал. 33.1). Як видно з малюнка 33.2, застосування вакцинації протягом тридцяти років практично звело проблему поліомієліту нанівець. На сьогодні створені та застосовуються ефективні вакцини до вірусів жовтої пропасниці, сказу, кліщового енцефаліту, кору та багатьох інших. Вакцина проти вірусу гепатиту В водночас запобігає деяким раковим захворюванням, оскільки саме цей вірус призводить до розвитку злоякісної пухлини печінки.

Учені та лікарі, знаючи біологічні властивості вірусу грипу, ефективно застосовують профілактичні заходи для запобігання розповсюдженню інфекції. Це, зокрема: ізоляція хворих (постільний режим при клінічних проявах грипозної інфекції), уникання великого скупчення людей, застосування марлевих пов'язок для зниження ризику передачі віріонів з



Мал. 33.2. Графік частоти захворювань на поліомієліт за останні десятиріччя



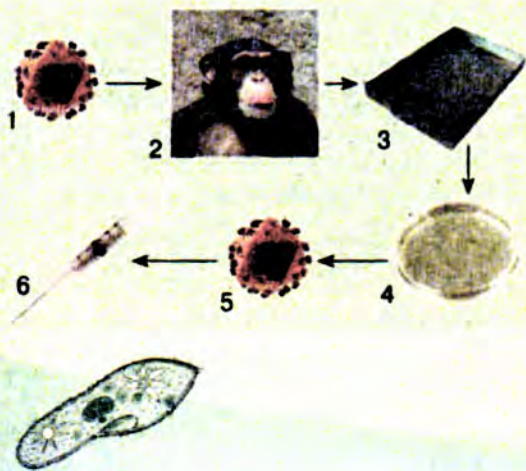
крапельками слизу та слини. Унаслідок високої мінливості вірусу грипу досі не вдалося створити надійної вакцини проти його різновидів, хоча часто провадять імунізацію населення до очікуваного штаму.

Однак на прикладі вірусу імунодефіциту людини ми можемо переконалися, що профілактичні заходи, дієві проти вірусу грипу, не можуть бути застосовані при розвитку епідемії ВІЛ/СНІДу. На відміну від вірусів поліомієліту, вітрянки або кору, дієвої вакцини проти вірусу імунодефіциту людини поки що не існує. Це пов'язано з величезною кількістю змін, які відбуваються у спадковому матеріалі ВІЛ. Тож, аби забезпечити себе від інфікування ВІЛ, слід вести здоровий спосіб життя. А це насамперед – утримання від безладних статевих контактів та наркотиків, оскільки саме такими шляхами вірус сьогодні поширюється серед молоді.

Отже, імунітет розвивається тоді, коли організм видужав від інфекційного захворювання або якщо був штучно введений антиген – вакцина. Такий імунітет дістав назву *специфічного* (або набутого). Імунітет може бути й *неспецифічним* (вродженим, або природним). Він ґрунтується на поєднанні дії гуморальних (лізоцим, інтерферон та ін.) і клітинних (лімфоцити, макрофаги тощо) чинників. Неспецифічний імунітет допомагає боротися з будь-яким вірусом, незалежно від його видової належності (звідси і назва). Зазвичай для захворювань з коротким прихованим (латентним) періодом, під час якого симптоми ще не проявляються, неспецифічний імунітет слугує головним бар'єром для розвитку хвороби.

Для створення специфічного імунітету застосовують вакцини декількох типів. *Живими* називають вакцини, що містять «послаблені» вірусні частинки, які здатні проникати до клітин організму, але втратили патогенність (мал. 33.3). *Убитими*, або інактивованими, називають вакцини, у складі яких є віруси, оброблені токсичними речовинами (наприклад, формаліном) або рентгенівським випромінюванням; нуклеїнова кислота таких вірусів стає нездатною до реалізації генетичної інформації. До складу *субодиничних* вакцин входять не цілі вірусні частинки, а тільки окремі вірусні білки. Отже, спільним для всіх вакцин є наявність вірусного білка, який розпізнається імунною системою хазяїна як антиген, стимулюючи вироблення відповідних антитіл.

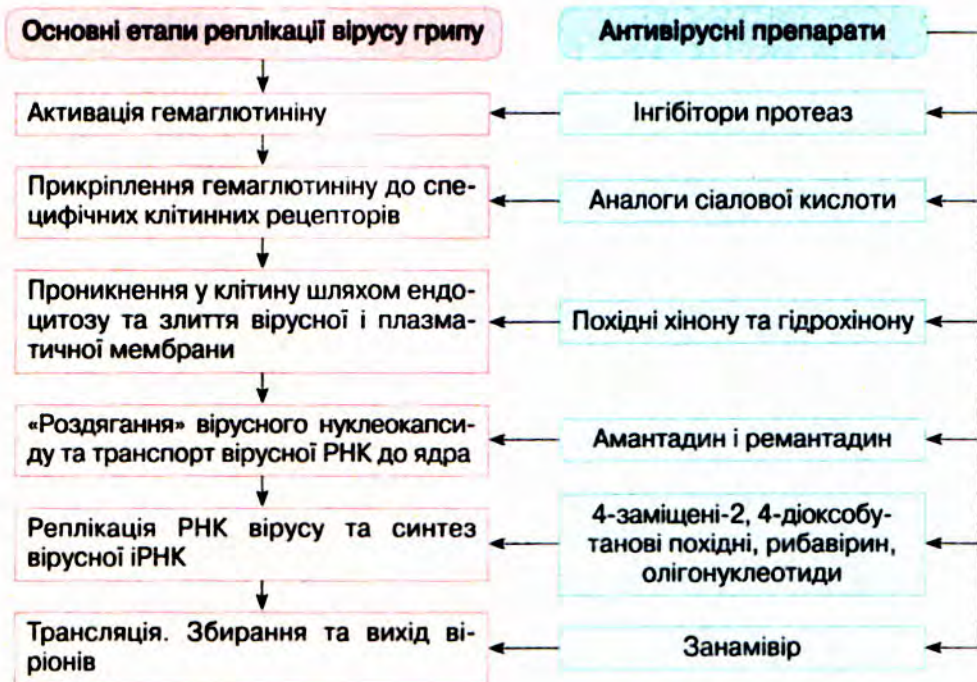
До вакцин майбутнього, які нині тільки розробляють, належать *синтетичні вакцини* (антигени для них синтезують хімічним шляхом) та *ДНК-вакцини*. У разі ДНК-вакцин в організм вводять генетичну інформацію про антиген у вигляді ділянки дволанцюгової ДНК; унаслідок цього антиген синтезується в клітинах людини.



Мал. 33.3. Схема отримання живої вакцини: 1 – патогенний вірус; 2 – ряд повторних штучних заражень мавпи; 3 – отримання культури клітин; 4 – контрольне зараження мавпи для перевірки активності вірусу; 5 – виділення і очищення вірусу; 6 – створення препарату

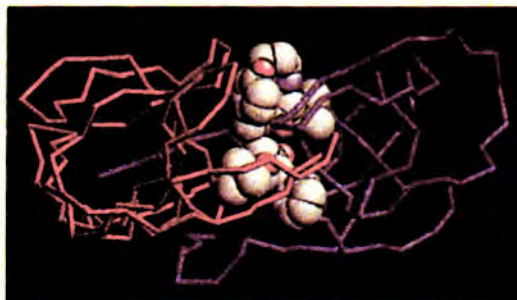
До складу вакцин також входять консерванти (речовини, які забезпечують тривале зберігання вакцини), підсилювачі імунної відповіді організму, буферний розчин. У нашій країні провадять обов'язкові вакцинації дітей проти деяких вірусних захворювань (гепатиту В, поліомієліту, вітрянки, кору, паротиту). Часто вакцинують не все населення, а лише ту частину, для якої ризик зараження найвищий. Наприклад, проти кліщового (тайгового) енцефаліту вакцинують людей, яким потрібно працювати в тайзі (геологи, мисливці тощо). Проти жовтої пропасниці вакцинують туристів, які прямують до деяких країн Африки чи Латинської Америки. Отже, **запам'ятайте**: проти деяких збудників вірусних хвороб вакцинація обов'язкова, для більшості – тільки у разі ризику зараження.

• **Противірусні ліки.** Якщо імунна система організму не здатна протистояти вірусній інфекції, розпочнеться захворювання. Майже всі захворювання бактеріального і грибового походження виліковують за допомогою специфічних ліків (антибіотиків і фунгіцидів). Але на збудників вірусних інфекцій ці лікарські препарати впливають недостатньо ефективно. Для боротьби з вірусними інфекціями використовують або природні сполуки (зокрема, інтерферон), або близькі за дією до природних синтезовані препарати. Інтерферон пригнічує розмноження більшості вірусів у клітинах організму-хазяїна. Завдання створення антивірусних ліків дуже важке, адже вони повинні пригнічувати збудника інфекції, проте не впливати на структуру та обмін речовин клітини. Нині розроблено й ефективно використовують чимало препаратів, які впливають на різні етапи життєдіяльності вірусів. Ознайомтеся з основними мішенями дії найпоширеніших антивірусних препаратів (не для запам'ятовування) (мал. 33.4).



Мал. 33. 4. Основні мішені дії антивірусних препаратів на прикладі вірусу грипу





Мал. 33. 5. Модель активного центру ферменту (протеази) ВІЛ та її інгібітора: червоні та сині лінії – дві субодиниці протеази, біла молекула – інгібітор, приєднаний до активного центру протеази

Важливим кроком до створення ефективних антивірусних ліків став хімічний синтез так званих пригнічувачів (*інгібіторів*) вірусних ферментів. Такі препарати здатні зв'язуватися виключно з активним центром білка-ферменту вірусу та пригнічувати його активність. Застосування пригнічувача ферменту, який забезпечує синтез білків вірусу імунодефіциту людини, дало змогу продовжити життя хворим на багато років (тому такі новітні ліки дістали назву високоефективної антиретровірусної терапії – ВАРТ).

Розвиток сучасної науки, поєднання досягнень синтетичної хімії, вірусології та біоінформатики дають змогу сподіватися на створення високоефективних антивірусних препаратів (таких як інгібітор протеази ВІЛ) уже найближчим часом (мал. 33.5).

Ключові терміни та поняття. Специфічний та неспецифічний імунітет, інгібітор.

Коротко
про
головне

- ▶ Головним напрямом боротьби з поширенням вірусних захворювань є профілактика інфекцій. Винайдення антивірусних вакцин створило умови для масових запобіжних щеплень населення. Це сприяло різкому зниженню захворюваності на певні вірусні інфекції.
- ▶ Коли вірус з'являється в організмі, імунна система розпізнає поверхневі білки його віріонів як чужорідні (антигени). У відповідь клітини виробляють антитіла (білки імуноглобуліни), які нейтралізують антигени. Антитіла, у свою чергу, вводять у дію механізми так званої імунної пам'яті. Вона проявляється в тому, що при повторному потрапленні в організм певного антигену швидко утворюється велика кількість антитіл, які припиняють розвиток захворювання.
- ▶ Імунітет, або несприйнятливість організму до захворювання, буває набутим і вродженим. При набутому (специфічному) імунітеті відповідні антитіла виникають унаслідок перенесеного захворювання (природний імунітет) або вакцинації (штучний імунітет).
- ▶ Неспецифічний (вроджений, або природний) імунітет ґрунтується на пригнічванні життєдіяльності різних видів вірусів властивими організму хазяїна гуморальними (лізоцим, інтерферон тощо) і клітинними (лімфоцити, макрофаги та ін.) факторами.





Запитання для самоконтролю

1. У чому полягає профілактика вірусних інфекцій? 2. Яка роль вакцинації у боротьбі з вірусними інфекціями? 3. Які антивірусні вакцини вам відомі? 4. За рахунок чого віруси здатні уникати захисних механізмів організму-хазяїна? 5. Які види імунітету спрямовані проти вірусних інфекцій? 6. Що вам відомо про антивірусні ліки?

Поміркуйте: що спільного та відмінного у вірусних та бактеріальних інфекціях?

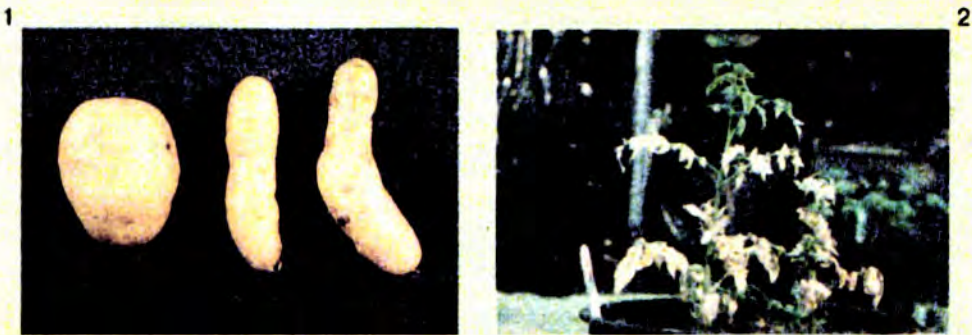
§34. ВІРОЇДИ І ПРИОНИ



Пригадайте: як відбувається передача і реалізація генетичної інформації у вірусів?

Ви дізналися про особливості будови життєдіяльності вірусів, а також про їхню відмінність від клітинних форм життя. Однак до неклітинних форм життя належать віроїди і пріони, побудовані ще простіше, ніж віруси. Ці інфекційні частинки здатні до самовідтворення. Що ж відрізняє віроїди і пріони від звичайних вірусів?

• **Віроїди** відкрив 1971 року Теодор Дінер, який вивчав інфекційне захворювання картоплі, відоме під назвою «веретеноподібність бульб» (мал. 34.1). На превеликий подив дослідника під час біохімічного аналізу очищеного збудника не виявили жодних ознак білка. З'ясувалося, що інфекцію спричиняла одноланцюгова молекула РНК. Подальші детальні дослідження дали змогу встановити, що вона має форму замкненого ланцюга і складається всього з 375 нуклеотидів (мал. 34.2). Ця РНК не кодує



Мал. 34.1. Симптоми інфекції, спричинені віроїдом веретеноподібності бульб картоплі: 1 – на бульбах; 2 – на надземній частині рослин



Мал. 34.2. Схема будови молекули віроїду: 1 – комплементарні ділянки одноланцюгової РНК; 2 – некомплементарні ділянки одноланцюгової РНК

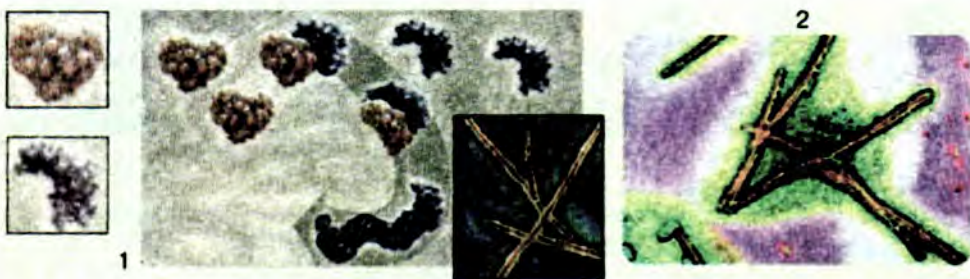
жодного білка, оскільки самовідтворюється в клітині хазяїна. Отже, **запам'ятайте! віроїди – інфекційні частинки, що становлять собою низькомолекулярні одноланцюгові молекули РНК, які не кодують власних білків.**

Наразі відомо вже багато різних захворювань рослин (екзокортис цитрусових, «каданг-каданг» кокосових пальм, сонячного опіку авокадо та ін.). Цікаво, що віроїди знайдено виключно у рослин: у людини, тварин і бактерій подібних збудників не виявлено. Віроїди передаються від рослини до рослини під час механічного ушкодження. В інфікованій клітині ця частинка потрапляє до ядра або хлоропласта, де використовує клітинний фермент РНК-полімераза для відтворення власних молекул. Симптоми захворювання виникають унаслідок активного відтворення молекул РНК віроїду, що спричиняє патологічний¹ процес в інфікованій клітині.

Пріони (від англ. *proteinaceous infectious particle* – інфекційні білкові частинки) – білкові частинки, здатні спричиняти захворювання нервової системи людини і тварин. Пріонові (або повільні) інфекції характеризуються повільним, але неухильним розвитком симптомів та завершуються загибеллю хазяїна.

Повільні інфекційні захворювання тварин відомі людству понад 300 років; це, наприклад, захворювання овець під назвою «скреїпі». Відкриття повільних інфекцій у людини пов'язане з ім'ям Карлтона Гайдучека, який у 60-х роках ХХ ст. досліджував місцеву хворобу «куру» у представників племені Форє в Новій Гвінеї («куру» в перекладі з місцевого діалекту – «смерть, що сміється»). Ця хвороба має дуже тривалий латентний період – від кількох місяців до десятків років. К. Гайдучек довів, що збудник цієї інфекційної хвороби передається при ритуальному канібалізмі², зокрема поїданні мозку загиблою людиною. У хворих людей та овець виявили особливий білок, який дістав назву «пріон». Виявилося, що захворювання виникають при потрапленні в організм цього інфекційного білка.

Пріони в організмі можуть з'являтися унаслідок інфікування чи успадкування або самочинно утворюватися без впливу будь-яких чинників. В організмі людини та тварин знайдений близький до пріонного білок, закодований у ДНК. Таким чином, **пріон – це особлива форма природного білка.** На малюнку 34.3 показано, як утворюється пріоновий білок. При



Мал. 34.3. 1. Перетворення нормального клітинного білка (світлий колір) на пріоновий білок (темний колір) з утворенням особливих ниток (фібрил). 2. Фібрили

¹Патологічний (від грец. *патос* – біль, страждання та *логос* – наука, вчення) – хворобливий, ненормальний.

²Канібалізм – поїдання людьми інших людей.





Мал. 34.4. Один з ланцюжків передачі збудника хвороби Крейтцфельдта–Якоба: 1 – з їжею до корови; 2 – від тварини до тварини при поїданні екскрементів; 3 – з їжею до людини; 4 – ураження півкуль головного мозку

потраплянні в іншу клітину пріон перетворює нормальний подібний до себе білок на інфекційну форму. Цікаво, що при цьому амінокислотна послідовність клітинного білка залишається попередньою, а змінюється лише його третинна структура. Пріонна форма білка може накопичуватися в клітині у вигляді кристалів та ниток – фібрил, які й спричиняють патологічні зміни. Насамперед це відбувається у нейронах головного мозку – так розвивається губкоподібна енцефалопатія.

На сьогоднішній день у різних видів ссавців знайдено лише один білок, що має пріонові властивості. У людини пріони викликають ряд повільних інфекцій, а саме: куру, хворобу Крейтцфельдта–Якоба, синдром Герстмана–Штрауслера тощо. У тварин описані скрейпі овець і кіз, губкоподібна енцефалопатія¹ (сказ корів) та захворювання головного мозку курей, кішок, оленів та ін.

Для людини найнебезпечною вважають хворобу Крейтцфельдта–Якоба, на прикладі якої можна прослідкувати можливості передачі пріонної інфекції. Існує кілька варіантів цієї хвороби. Родинний варіант зумовлюють зміни у гені, який кодує природний білок; тому пріон передається спадково – звідси і назва. За ятрогенної² форми захворювання інфікування відбувається при пересадці пацієнту тканин або органів інфікованої людини. Спорадична (від грец. *спорадикос* – розсіяний, окремих) форма зумовлена спонтанними перетвореннями нормального білка на пріоновий. Ще один варіант хвороби характеризується тим, що людина інфікується, поїдаючи мозок заражених пріонами корів (мал. 34.4).

Пріонові білки відкрито також у дріжджів.

Ключові терміни та поняття. Віроїди, пріони.

¹Енцефалопатія (від грец. *енцефалос* – мозок та *патос* – біль, страждання) – загальна назва захворювань головного мозку.

²Ятрогенія (від грец. *ятрос* – лікар та *генео* – породжений; той, що виник) – захворювання, спричинюване необережними висловлюваннями або поведінкою лікаря, які людина сприймає як доказ особливої складності її хвороби. Ятрогенія також може виникнути під впливом прочитаної медичної літератури.

Коротко
про
головне

- Вірусологія, крім вірусів, вивчає також інші інфекційні неклітинні форми живого – віроїди та пріони.
- Віроїди – інфекційні частинки, які становлять собою кільцеві одноланцюгові молекули РНК, які не кодують білків. Вони спричиняють інфекційні захворювання рослин, які передаються при механічних ушкодженнях хазяїв. В інфікованій клітині віроїд усередині ядра або хлоропласта використовує клітинний фермент РНК-полімераза для відтворення власних молекул.
- Пріони – інфекційні білкові частинки, які спричиняють довготривалі інфекційні захворювання нервової системи, що закінчуються загибеллю організму хазяїна.
- Пріони в організмі можуть з'являтися унаслідок інфікування чи успадкування або самочинно утворюватися без впливу будь-яких чинників.
- В організмі людини та тварин знайдений близький до пріонного закодований у ДНК білок. Отже, пріон – це особлива форма природного білка.

Запитання для
самоконтролю

1. Що собою становлять віроїди? В організмах видів якого царства живої природи вони паразитують? 2. Що спільного та відмінного у будові РНК еукаріотів та віроїдів? 3. Як віроїди проникають в організм рослини? 4. Що таке пріони? 5. Які причини виникнення пріонних захворювань? 6. В організмах яких видів паразитують пріони? 7. Які шляхи поширення пріонних інфекцій?

Поміркуйте: внаслідок порівнянь між собою віроїдів, пріонів і вірусів знайдіть їхні спільні та відмінні риси.

Завдання для
роботи в групі

Використовуючи різноманітні джерела інформації, докладно ознайомтеся з життєвими циклами таких поширених вірусних захворювань, як грип і ВІЛ/СНІД. Закріпіть знання щодо профілактики ВІЛ/СНІДу та інших вірусних хвороб, обговоривши свої дослідження у групі.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. Визначте, як називають науку, яка вивчає будову та властивості вірусів, шляхи їхньої передачі від одного хазяїна до іншого, способи лікування і профілактики вірусних інфекцій: а) біотехнологія; б) цитологія; в) біохімія; г) вірусологія.
2. Назвіть сполуки, які входять до складу простих вірусів: а) білок і нуклеїнова кислота; б) лише нуклеїнова кислота; в) білок, нуклеїнова кислота і ліпіди; г) білок, нуклеїнова кислота і вуглеводи.
3. Віруси розмножуються за допомогою: а) партеногенезу; б) статевим шляхом; в) самозбирання; г) брунькування.
4. Назвіть прізвище ученого, який відкрив віруси: а) Е. Дженнер; б) Л. Пастер; в) Д. Івановський; г) Дж. Уотсон.
5. Укажіть властивості, за якими віруси відносять до живого: а) відсутність власних систем, здатних синтезувати білки; б) можливість кристалізації; в) наявність власного спадкового матеріалу; г) наявність органел.



6. До складу вірусних частинок входить: а) тільки ДНК; б) тільки РНК; **в) або ДНК, або РНК**; г) одночасно і ДНК, і РНК.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

- Визначте віруси, які належать до ДНК-вмісних: **а) бактеріофаг Т4**; б) вірус тютюнової мозаїки; **в) вірус імунодефіциту людини**; г) вірус герпесу.
- Назвіть віруси, які належать до складних: **а) вірус грипу А**; б) вірус тютюнової мозаїки; **в) вірус поліомієліту**; **г) вірус імунодефіциту людини**.
- Зазначте віруси, у поширенні яких беруть участь тварини (комахи, кліщі або круглі черви): **а) вірус грипу**; **б) вірус тютюнової мозаїки**; **в) вірус кліщового енцефаліту**; **г) вірус герпесу**.
- Зазначте неклітинні форми життя, які складаються лише з білків або молекул нуклеїнової кислоти: а) бактеріофаги; **б) віроїди**; **в) пріони**; г) парвовіруси.
- Назвіть віруси-паразити клітин людини: а) вірус огіркової мозаїки; **б) вірус кліщового енцефаліту**; **в) вірус тютюнової мозаїки**; **г) вірус герпесу**.
- Назвіть сполуки, які можуть входити до складу оболонки складних вірусів: а) ДНК; **б) ліпіди**; в) РНК; **г) вуглеводи**.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. Порівняйте ознаки, притаманні пріонам, вірусам, а також клітинам прокаріотів та еукаріотів:

Біологічні системи	Ознаки
А Віруси	1 Складаються лише з молекули нуклеїнової кислоти
Б Пріони	2 Містять нуклеоїд
В Клітина прокаріотів	3 Містять ендоплазматичну сітку
Г Клітина еукаріотів	4 Складаються з білків та молекули нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК)
	5 Складаються лише з білкової молекули

2. Порівняйте особливості організації пріонів, віроїдів, простих і складних вірусів:

Біологічні системи	Ознаки
А Віруси прості	1 Складаються тільки з молекули білка
Б Віруси складні	2 Складаються з молекул білків та нуклеїнової кислоти
В Пріони	3 Складаються тільки з молекули нуклеїнової кислоти
Г Віроїди	4 Складаються з молекул білків, ліпідів, вуглеводів і нуклеїнової кислоти

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

- Чи могли віруси бути першими формами живої матерії, які з'явилися на нашій планеті? Відповідь обґрунтуйте.
- Чому розмноження вірусів можливе лише у клітині-хазяїні?
- Чому проти багатьох вірусних інфекцій не вдається створити ефективні вакцини?
- Які можливі наслідки паразитування в одній клітині двох чи більше видів вірусів?
- Чому пріонові хвороби характеризуються тривалим прихованим (латентним) періодом?
- Чи могли віроїди виникнути внаслідок спрощення будови вірусних частинок?
- Які заходи можуть забезпечити повну ліквідацію ВІЛ на планеті? Чи можливо це взагалі?

ТЕМА 2. ОДНОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

- особливості будови та процесів життєдіяльності одноклітинних прокаріотичних та еукаріотичних організмів;
- відмінності між прокаріотами та одноклітинними еукаріотами;
- колонії одноклітинних організмів;
- роль одноклітинних організмів у природі;
- значення одноклітинних організмів для людини та її господарства;
- значення мікробіологічної промисловості для людини.

§ 35. ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРОКАРІОТИЧНИХ ОРГАНІЗМІВ



Пригадайте: що собою становлять клітини прокаріотів та які їхні основні відмінності від клітин еукаріотів? Що таке поділ і брунькування клітини? Які відмінності між автотрофними, гетеротрофними та міксотрофними організмами? Що таке симбіоз та які його форми? Що таке фотосинтез і хемосинтез?

• **Різноманітність прокаріотів.** Як вам уже відомо, характерними рисами прокаріотів є особливості їхньої клітинної будови. Вони не мають ядра, пластид, мітохондрій, комплексу Гольджі, ендоплазматичної сітки, лізосом.

Прокаріоти – одноклітинні чи колоніальні організми, розміри яких зазвичай не перевищують 10–20 мкм. Розмножуються лише нестатево (в окремих представників відомий обмін спадковою інформацією у формі кон'югації). Прокаріотів і одноклітинних еукаріотів через їхні малі розміри можна вивчати лише за допомогою світлового чи електронного мікроскопів. Тому вони дістали загальну назву **мікроорганізми**. Їх вивчає наука **мікробіологія**.

З основними групами надцарства Прокаріотів (схема 35.1) ви попередньо ознайомилися під час вивчення § 23.



Схема 35.1. Система прокаріотичних організмів





Мал. 35.1. 1. Гарячі джерела з температурою води понад $+100^{\circ}\text{C}$ – місця мешкання термофільних (теплолюбних) археобактерій; 2, 3 – електронно-мікроскопічні фотографії термофільних археобактерій

Царство Археї (Археобактерії) – група мікроорганізмів, які за особливостями будови та процесів життєдіяльності відрізняються від інших прокаріотів – справжніх бактерій. У них інша будова клітинної стінки, дещо інший хімічний склад плазматичної мембрани. Водночас для спадкового матеріалу археобактерій характерні ознаки, властиві й еукаріотам (наприклад, деякі нуклеотидні послідовності, наявність екзонів та інтронів у генах). Особливості будови клітинної стінки дають змогу деяким археобактеріям мешкати в екстремальних умовах. Зокрема, певні види виявляють у гарячих джерелах за температури $+85\ldots+105^{\circ}\text{C}$ (мал. 35.1).

Серед археобактерій є як гетеротрофні, так і автотрофні види, здатні до хемо- або фотосинтезу. Цікаві гетеротрофні метаноутворюючі бактерії. Вони мешкають в анаеробних ділянках перезволожених ґрунтів, на болотах, у мулі водойм, зокрема очисних споруд, у рубці (частина шлунка) жуйних тварин. У деяких країнах культури цих бактерій використовують для отримання біогазу з органічних відходів у промислових обсягах.

До царства **Еубактерії**, або **Справжні бактерії**, належать різноманітні за формою клітин (мал. 35.2) та особливостями процесів життєдіяльності прокаріоти, яких налічують близько 30 тис. видів. Серед них відомі одноклітинні та колоніальні (стрептококи, стафілококи тощо) форми. Одні із цих бактерій нерухомі, інші здатні пересуватися за допомогою джгутиків чи виділяючи слиз. У деяких бактерій рух досить швидкий; відомі клітини, що за секунду здатні долати відстань, яка дорівнює приблизно 20 їхнім діаметрам.



Мал. 35.2. Різні форми клітин бактерій: 1 – спірила (паличкоподібна клітина, закручена у вигляді спіралі); 2 – ланцюжок клітин бацил (паличкоподібна форма); 3 – колонія стрептококів (з бактеріальних кулястих клітин – коків)





Мал. 35.3. Нитчасті ціанобактерії роду *Осцелляторія*

Ціанобактерії мешкають переважно у прісних водоймах та ґрунті, деякі – у морях; відомі види, здатні вступати у тісне співжиття (симбіоз) з іншими організмами (наприклад, разом з грибами можуть входити до складу лишайників, трапляються в клітинах діатомових водоростей). Окремі клітини та колонії забарвлені в різні кольори – від синьо-зеленого, звідки й походить стара назва, до червоного, чорного тощо. Таке забарвлення є наслідком одночасної присутності в клітині хлорофілу та інших яскраво забарвлених пігментів.

• **Особливості процесів життєдіяльності прокариотів.** Живлення. Серед прокариотів відомі гетеротрофи (сапротрофи, паразити, мутуалісти, коменсали тощо) та автотрофи (фототрофи та хемотрофи). Фототрофів серед справжніх бактерій небагато: зелені, пурпурові бактерії тощо. Їхні клітини забарвлені в різні кольори: червоний, помаранчевий, зелений завдяки особливим пігментам. Як донор електронів для відновлення фотосинтезуючих пігментів вони, на відміну від ціанобактерій, використовують не воду, а інші сполуки: H_2S , H_2 , певні органічні речовини. Тому під час бактеріального фотосинтезу кисень не виділяється.

До хемотрофів належать нітрифікуючі бактерії, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії тощо. Ми вже згадували, що для енергетичного забезпечення хемосинтезу ці прокариоти окиснюють певні неорганічні сполуки. Наприклад, аміак (NH_3) до солей нітритної кислоти (HNO_2) – нітритів; нітриту до нітратів (солі нітратної кислоти – HNO_3); різні сполуки Сульфуру до сульфатів; сполуки двовалентного Феруму (Fe^{2+}) до тривалентного (Fe^{3+}).

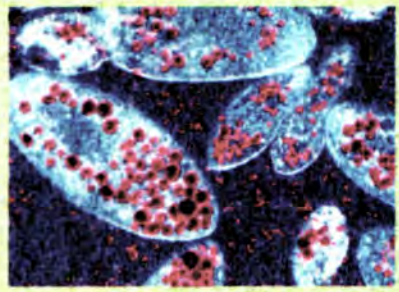
Серед гетеротрофних бактерій є сапротрофи – організми, здатні використовувати для живлення різні відмерлі організми та продукти життєдіяльності (гній та ін.). До них належать бактерії гниття, бродіння тощо. Слід зазначити, що в природі не існує жодної органічної речовини, яку не могли б розщеплювати бактерії.

Бактерії здатні існувати в різних формах симбіозу. Різноманітні паразитичні види спричиняють захворювання людини, тварин, грибів і рослин. Натомість, мешкання в еукаріотичному організмі мутуалістичних бактерій корисне для обох партнерів. Пригадайте приклади взаємовигідних



зв'язків прокаріотів та еукаріотів: бульбачкових бактерій з бобовими рослинами, бактерій травної системи рослиноїдних тварин, кишкової палички кишечника людини.

Цікавий приклад симбіозу спостерігають між інфузоріями з роду *Парамеціум* і певними видами бактерій (мал. 35.4). У клітині-хазяїні ці бактерії виробляють токсичну речовину, яка виділяється назовні, де вбиває інших інфузорій цього виду. Гинуть ті інфузорії, які позбавлені симбіотичних бактерій. У цьому разі вони стають чутливими до отрути.



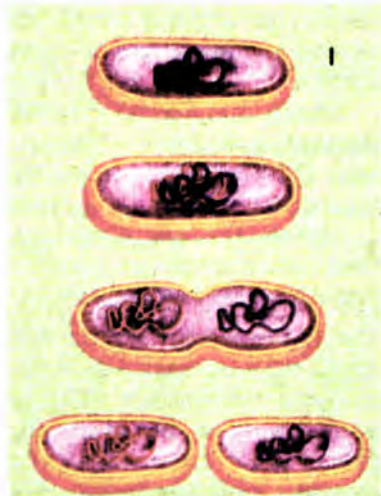
Мал. 35.4. Одноклітинні еукаріоти – інфузорії роду *Парамеціум* із симбіотичними бактеріями

Дихання. Для одних видів прокаріотів характерне аеробне дихання (з використанням атмосферного кисню), для інших – анаеробне (без використання кисню). Зокрема, до анаеробних видів належать бактерії, здатні спричиняти різні види бродіння: молочнокисле, маслянокисле та ін.

Розмноження прокаріотів. Клітини прокаріотів розмножуються лише нестатево: поділом навпіл, зрідка – брунькуванням. Перед поділом клітина збільшується в розмірах, її спадковий матеріал (молекула ДНК) подвоюється та рівномірно розподіляється між дочірніми клітинами. Таким чином, кожна з дочірніх клітин, які утворилися внаслідок поділу материнської, отримує свою частину носія спадкової інформації – кільцеву молекулу ДНК (мал. 35.5, 1).

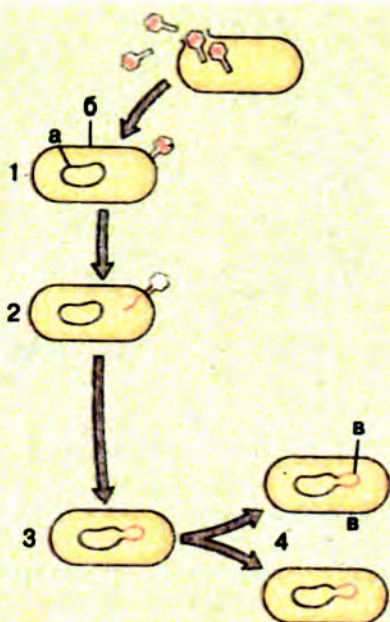
Обмін спадковою інформацією між двома клітинами бактерій можливий за допомогою *кон'югації*. При цьому генетичний матеріал від однієї клітини передається до іншої (мал. 35.5, 2). Кон'югація відбувається за прямого контакту двох клітин. Дослідження показали, що не всі клітини бактерій здатні передавати частину свого спадкового матеріалу іншим. Для цього в клітині має бути присутня особлива плазміда – кільцева дволанцюгова молекула ДНК.

Перед перенесенням з клітини-донора до клітини-реципієнта молекула ДНК подвоюється і та з них, яка щойно синтезувалася, наче проштовхується всередину клітини-реципієнта. Після цього у клітині-реци-



Мал. 35.5. I – Етапи поділу бактеріальної клітини. II – Процес кон'югації в бактерій (1 – ДНК ядерної зони; 2 – плазміда)





Мал. 35.6. Спадкова інформація бактерій може змінюватись за участі вірусів-бактеріофагів (а – молекула ДНК у ядерній зоні, б – клітинна стінка, в – спадкова інформація бактеріофага, вбудована в молекулу бактерії): 1 – бактеріофаг прикріплюється до клітинної стінки бактерії; 2 – молекула ДНК бактеріофага проникає в клітину; 3 – ДНК бактеріофага вбудовується в молекулу ДНК бактерії; 4 – при поділі бактерії дочірні клітини отримують разом із ДНК материнської клітини частину спадкової інформації бактеріофага

п'єнті відбувається обмін ділянками між молекулою ДНК, яка надійшла від клітини-донора, і молекулою ДНК ядерної зони. Процес кон'югації сприяє підвищенню здатності прокаріотів пристосовуватися до змін у навколишньому середовищі. Наприклад, якщо в одному середовищі перебувають клітини бактерій, стійкі до певного антибіотика й нестійкі до нього, то через певний час завдяки кон'югації клітини, які були нестійкі до дії антибіотика, можуть набути такої стійкості.

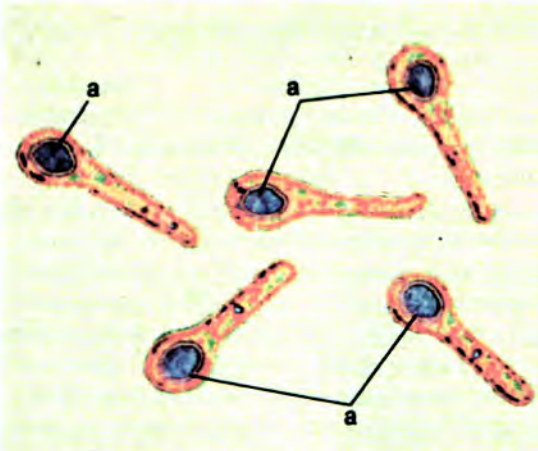
Обмін спадковою інформацією між клітинами бактерій можливий і без безпосереднього контакту між ними, зокрема за участі бактеріофагів (мал. 35.6). Ці віруси під час подвоєння власної ДНК включають ділянки молекули ДНК однієї клітини і переносять їх в іншу.

Спадкова інформація від однієї бактерії до іншої також може передаватись і на відстані за участі розчинних ДНК, що переходять від клітини до клітини. Цей процес дістав назву *трансформація*.

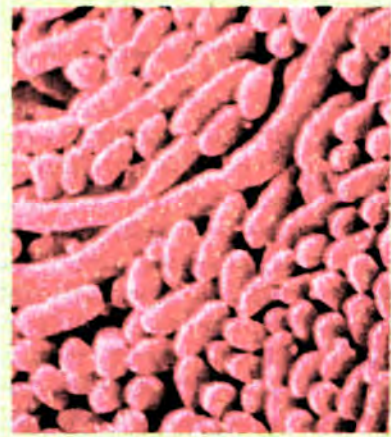
• **Стратегія розмноження прокаріотів.** Прокаріотам притаманна здатність до високих темпів розмноження (клітини за сприятливих умов здатні поділитися кожні 20–30 хв) і росту. Це врівноважує незначні розміри та масу кожного окремого організму, сприяє повнішому використанню ресурсів довкілля. Зниженню конкуренції з боку інших мікроорганізмів сприяє і виділення певними видами біологічно активних речовин. Наприклад, молочнокислі бактерії підвищують кислотність середовища (знижують його рН) до рівня, за якого припиняються ріст і розмноження інших бактерій.

• **Переживання несприятливих умов.** Ви вже знаєте, що за настання несприятливих умов у багатьох видів прокаріотів відбувається *спорування* (мал. 35.7). Усередині спори в цитоплазмі зменшується вміст води, і всі життєві процеси припиняються. Спори дуже стійкі до дії високих температур, іонізуючого опромінення, токсичних хімічних сполук тощо.





Мал. 35.7. Спори (а), утворені всередині клітини бактерій роду *Клостридіум*



Мал. 35.8. Колонія справжніх бактерій

Потрапивши в сприятливі умови, вони «проростають», тобто бактеріальна клітина покидає оболонку спори. Таким чином, спори прокаріотів не є формою розмноження, а слугують для збереження життєздатності за несприятливих умов.

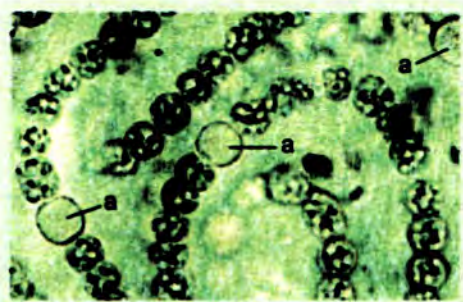
Деякі прокаріоти здатні до *інцистування* (від лат. *in* – в, всередині та грец. *кистіс* – міхур), за якого щільною оболонкою вкривається вся клітина. Цисти прокаріотів стійкі до дії радіації, висушування, але нестійкі до перегрівання.

Спори та цисти слугують для поширення прокаріотів за допомогою вітру, води, живих організмів, забезпечення зараження хазяїв.

• **Колоніальні прокаріоти.** Прокаріоти здатні утворювати колонії різної форми. Колонія прокаріотів становить собою групу з'єднаних між собою клітин (мал. 35.8). Колонії можуть утворюватися за рахунок того, що після поділу материнської клітини дочірні ще певний час залишаються зв'язаними між собою, утворюючи ланцюжки, грона, пакети тощо. Колонії бактерій можуть бути оточені своєрідним чохлом – капсулою зі слизу.

У ціанобактерій на відміну від колоній справжніх бактерій сусідні клітини пов'язані цитоплазматичними містками, які проходять крізь отвори в оболонках клітин.

Крім того, у ціанобактерій поширена диференціація клітин, зокрема наявні особливі клітини, вкриті додатковими оболонками, в яких відбувається засвоєння атмосферного азоту (мал. 35.9).



Мал. 35.9. Нитчаста ціанобактерія роду *Анабена*. Зверніть увагу на особливі клітини (а), оточені додатковими оболонками, які здатні фіксувати атмосферний азот

Ключові терміни та поняття. Мікроорганізми, мікробіологія, кон'югація, споруутворення, інцистування.

Коротко
про
головне

- ▶ До прокаріотів належать одноклітинні та колоніальні організми. Клітини прокаріотів не мають ядра, пластид, мітохондрій і більшості одномембранних органел.
- ▶ Прокаріотів та одноклітинних еукаріотів через їхні малі розміри називають мікроорганізмами. Їх вивчає наука мікробіологія.
- ▶ Прокаріоти – особливе надцарство живих організмів, до якого належать царства Архебактерії та Справжні бактерії. Архебактерії відрізняються від справжніх бактерій особливостями будови клітинної стінки та організацією спадкового матеріалу. Серед архебактерій є аероби та анаероби, автотрофні та гетеротрофні види.
- ▶ До царства Справжні бактерії належать бактерії та ціанобактерії. На відміну від архебактерій, до складу їхньої клітинної стінки входить особлива сполука муреїн.
- ▶ Серед справжніх бактерій є гетеротрофи (сапротрофи, паразити, мутуалістичні види, коменсали) та автотрофи (фототрофи та хемотрофи). Фототрофи – це зелені бактерії, пурпурові сірчані та несірчані бактерії, ціанобактерії. До хемотрофів належать нітрифікуючі бактерії, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії тощо.
- ▶ Клітини прокаріотів розмножуються лише нестатево: поділом навпіл, зрідка – брунькуванням. У деяких видів існує обмін спадковою інформацією у вигляді кон'югації. Прокаріотам притаманна здатність до високих темпів розмноження (клітини за сприятливих умов здатні поділитися кожні 20–30 хв).
- ▶ За настання несприятливих умов деякі види утворюють спори або цисти. Спори та цисти слугують для поширення прокаріотів за допомогою вітру, води, живих організмів та зараження хазяїв.



Запитання для
самоконтролю

1. Які організми називають прокаріотами? 2. Які групи виділяють у межах надцарства Прокаріоти? 3. Чим відрізняються Архебактерії та Справжні бактерії? 4. Які особливості організації ціанобактерій? 5. Які типи живлення притаманні прокаріотам? 6. Які способи дихання спостерігають у прокаріотів? 7. Які способи розмноження відомі у прокаріотів? 8. Яке біологічне значення споруутворення та інцистування у прокаріотів?

Поміркуйте. Чому бактеріальний фотосинтез відбувається без виділення кисню?

§ 36. РОЛЬ ПРОКАРІОТІВ У ПРИРОДІ ТА ЖИТТІ ЛЮДИНИ



Пригадайте: що таке біотехнологія? У яких галузях господарства людини застосовують різні види бродіння? Що таке екосистема, біосфера, колообіг речовин? Що таке антибіотики, біологічний метод боротьби зі шкідливими видами?

• **Роль прокаріотів у біосфері.** Ми вже згадували, що різні види прокаріотів поширені майже скрізь, де на нашій планеті існує життя. Мікроорганізми мешкають у ґрунтах, водоймах, інших живих організмах, їхні



спори та цисти виявлені на значній висоті в атмосфері. Так, в 1 г родючого вологого ґрунту або 1 мл води забруднених органікою водойм знайдено мільйони клітин бактерій та ціанобактерій. Прокаріоти здатні постійно існувати в умовах, де інші організми не трапляються (гарячі джерела, нафтоносні пласти на глибинах до кількох кілометрів тощо).

Чи замислювалися ви над тим, що без прокаріотів існування біосфери було б неможливе? Ви вже знаєте, що головною умовою існування біосфери як єдиної екосистеми нашої планети є здійснення колообігу речовин. Пригадайте: *колообіг речовин* – це обмін хімічними сполуками між живою (організми) та неживою частинами екосистем. І саме без прокаріотів, здатних розкласти органічні речовини до неорганічних, колообіг речовин був би неможливий. Зокрема, це стосується важливих для живих організмів сполук Карбону, Нітрогену, Сульфуру, Фосфору, Феруму. Розкладаючи органічні сполуки, бактерії утворюють велику кількість CO_2 , необхідного для процесу фотосинтезу.

За участі прокаріотів з різноманітних органічних сполук утворюються речовини (гумусні кислоти тощо) найродючішого (гумусового) шару ґрунту. Ціанобактерії збагачують ґрунт і водойми киснем (O_2).

Санітарна роль прокаріотів полягає в тому, що, розкладаючи мертві організми та продукти життєдіяльності, вони звільняють поверхню нашої планети від цих решток. Прокаріоти беруть участь у процесах самоочищення водойм: живлячись органічними речовинами, вони зменшують їхній вміст у воді та мулі.

Завдяки діяльності бактерій-хемосинтетиків, яка триває вже близько 4 мільярдів років, у земній корі утворилися поклади залізних руд, сполук Сульфуру та деяких інших корисних копалин. Наявності запасів основних енергоємних речовин сьогодення – нафти та газоподібних вуглеводнів, зокрема метану, як припускають вчені, ми завдячуємо діяльності певних груп бактерій.

Деякі ґрунтові (вільноживучі та бульбочкові) бактерії-азотфіксатори здатні засвоювати з повітря атмосферний азот і включати його до складу різних синтезованих ними органічних сполук, насамперед білків. Через кореневі волоски проростка бульбочкові бактерії потрапляють у тканини кореня і, виділяючи особливі сполуки, спричиняють їхнє розростання у вигляді бульбочок (мал. 36.1). Ці бактерії постачають рослині сполуки Нітрогену, отримуючи натомість органічні сполуки, переважно цукри.

В особливому відділі шлунка (рубці) жуйних парнокопитних (корів, овець, кіз) бактерії розщеплюють целюлозу до цукрів, бо самі тварини не виробляють необхідних ферментів.

Ціанобактерії в симбіозі з грибами утворюють лишайники. Вони синтезують органічні речовини, які споживає гриб, а той постачає клітинам ціанобактерій воду і мінеральні сполуки, а також створює умови для фотосинтезу.



Мал. 36.1. Бульбочки на коренях бобової рослини





Мал. 36.2. Безхребетні
глибоководні тварини
вестиментифери

На дні глибоководних океанічних западин часто з товщі земної кори у воду виділяються отруйні гази – сірководень і метан. Однак їх одразу поглинають придонні червоподібні тварини з науковою назвою *вестиментифери*, що не мають органів травлення (мал. 36.2). У тілі тварини є особливий орган, заповнений хемотрофними бактеріями, які окиснюють ці сполуки. Кров постійно приносить бактеріям кисень, сірководень чи метан, а від прокаріотів до неї надходять синтезовані органічні речовини, потрібні для побудови та живлення тканин тварини. Вестиментиферами живляться глибоководні ракоподібні, риби та інші тварини. Так на дні морів існують своєрідні екосистеми, роль продуцентів у яких відіграє мутуалістичний комплекс хемосинтезуюча бактерія – гетеротрофна тварина.

• **Роль прокаріотів у житті та господарстві людини.** У кишечнику людини завжди присутні певні види бактерій (кишкова паличка та ін.), які сприяють травленню, синтезують деякі вітаміни (B_6 , B_{12} , K), запобігають розмноженню хвороботворних мікроорганізмів.

Ми вже згадували, що прокаріотів, здатних спричиняти різні типи бродиння, людина з давнини використовує у своєму господарстві для отримання різних необхідних речовин: молочних продуктів (масла, сирів, йогуртів та ін.), органічних кислот, квашених овочів, силосованих кормів тощо. Прокаріоти є звичними об'єктами біотехнології.

Біотехнологія (від грец. *біос* – життя, *технікос* – майстерний, вправний та *логос* – наука, вчення) – галузь, яка розробляє методи використання живих організмів або біологічних процесів у промисловості, сільському господарстві та інших галузях господарства. Біотехнологи провадять селекцію різноманітних організмів, зокрема отримують нові штами вірусів та прокаріотів.

Штам (від. нім. *штамм* – стовбур, сім'я, плем'я) – штучна популяція (культура) вірусів або мікроорганізмів, зазвичай отриманих унаслідок розмноження окремих клітин, виділених з певного джерела або отриманих унаслідок штучних мутацій.

Один з важливих напрямів біотехнології – фармакологічна промисловість, мета якої – створення і виробництво лікарських препаратів. Зокрема, різні види бактерій поряд з мікроскопічними грибами використовують для отримання антибіотиків, вітамінів, гормонів, ферментів тощо. Сучасні методики дають змогу переносити в клітини бактерій гени еукаріотів, які відповідають за синтез певних сполук. Так, у спадковий матеріал бактерій були введені гени, які кодують вироблення інсуліну, гормони росту, захисні білки-інтерферони тощо.

Біотехнологічні процеси застосовують для очищення навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, водойм, стічних вод від побутових і промислових забруднень. Методи біологічного очищення базуються на здатності



сапротрофних бактерій розкладати органічні сполуки. Унаслідок селекційної роботи виведено штами мікроорганізмів, здатних розкладати відходи промислового виробництва. Деякі види бактерій здатні вибірково поглинати з довкілля ті чи інші цінні для господарства речовини і накопичувати їх у своїх клітинах. Особливі біотехнології дають змогу вилучати та очищувати ці сполуки.

Уміле застосування препаратів спор штамів певних мікроорганізмів (біопрепарати) дає можливість без шкоди довкіллю знижувати чисельність шкідливих видів, тварин і рослин.

• Багато прокаріотів завдають шкоди здоров'ю та господарству людини. Так, масове розмноження ціанобактерій у неглибоких прісних водоймах, що добре прогріваються, зокрема водосховищах, водоймах-охолоджувачах теплових та атомних електростанцій, ставках тощо, спричиняє «цвітіння» води, яка стає непрозорою (мал. 36.3). Ціанобактерії виділяють у воду отруйні речовини, які можуть спричинити масову загибель мешканців водойм. Така вода непридатна для пиття, а купання в ній може призвести до отруєння або алергічних реакцій.

Серед бактерій є багато паразитичних видів, які, оселяючись в організмах людини, тварин і рослин, спричиняють різноманітні, часто смертельно небезпечні захворювання. Хвороботворні бактерії швидко розмножуються, при цьому продукти їхньої життєдіяльності отруюють хазяїна, що призводить до різних порушень в організмі та навіть смерті. На органах рослин, уражених бактеріями, можуть виникати плями, пухлини тощо, вони можуть загнити та відмирати.

Найвідоміші бактеріальні захворювання людини – ангіна, дизентерія, дифтерія, туберкульоз, холера, тиф, скарлатина та багато інших, тварин – сибірка, бруцельоз тощо. Бактеріальні захворювання лікують за допомогою антибіотиків або лікувальних сироваток.

Для здоров'я та життя людини і тварин становлять небезпеку бактерії-лептоспіри, які часто трапляються у стоячих водоймах. Потрапляння лептоспіри в організм людини та тварин призводить до гострої пропасниці і навіть смерті. Тому у водоймах, у яких виявлено лептоспіру, купатися заборонено, а воду з них не слід вживати ні для яких господарчих потреб.

До організму хазяїна мікроорганізми проникають такими шляхами:

- через шлунково-кишковий тракт разом з їжею чи питвом – бактерії – збудники сальмонельозу (черевного тифу), дизентерії, холери, чуми;

- через дихальні шляхи з повітрям – збудники туберкульозу, ангіни, пневмонії, дифтерії, чуми;

- через пошкодження покривів – бактерії, що паразитують у шкірі, нігтях тощо;



Мал. 36.3. «Цвітіння» води, спричинене ціанобактеріями. Це явище небезпечне для інших мешканців водойм, а також для здоров'я людини



– під час статевих контактів – збудники сифілісу, гонореї, хламідіозу та інших венеричних захворювань;

– за допомогою комах і кліщів-переносників. Так, збудника чуми переносять пацюкові блохи, а висипного тифу – людські воші. Хатні мухи на поверхні тіла та в кишечнику переносять збудників дизентерії, сальмонельозу, туберкульозу зі смітників та інших подібних місць у людські оселі, на продукти харчування тощо.

Певні види бактерій псують продукти харчування, роблячи їх непридатними до вжитку та отруйними. Так, бактерія ботулізму може розвиватись у різноманітних консервованих продуктах, рибі, ковбасах, істотно не змінюючи їхній зовнішній вигляд та смакові якості. Спори не гинуть навіть при кип'ятінні впродовж 5 годин та можуть зберігати життєздатність у ґрунтах чи водоймах багато років. Її токсин викликає важке отруєння (ботулізм); він насамперед діє на нервову систему та м'язи, спричиняє втрату голосу, запаморочення, порушує зір, процеси травлення та дихання. Якщо хворій людині своєчасно не ввести особливу сироватку та препарати – *антидоти* (від грец. *антидотон* – те, що діють проти чогось), які знешкоджують отруйні речовини, може настати смерть. Тому під час консервування продуктів слід суворо дотримувати технологій пастеризації чи стерилізації.

Стерилізація (від лат. *стеріліс* – безплідний) – процес повного знищення мікроорганізмів та їхніх спор. Поширеним методом стерилізації є дія високих температур ($+100^{\circ}\text{C}$ і вище). Для стерилізації також застосовують ультрафіолетові промені, ультразвук, хімічні сполуки тощо.

Пастеризація полягає в тому, що для тривалого зберігання різноманітних продуктів (молочнокислих, пива, соків тощо) їх піддають тепловій обробці за температури $+60...70^{\circ}\text{C}$ протягом півгодини, а потім швидко охолоджують. Цей процес повторюють протягом 3 діб. У результаті спори мікроорганізмів, які могли утворитися під час попередньої обробки, гинуть при наступній. Цю технологію запропонував видатний французький мікробіолог Луї Пастер (1822–1895), тому вона отримала його ім'я.

Небезпечне захворювання органів травлення людини та тварин (черевний тиф, або сальмонельоз) спричиняють бактерії *сальмонели*. Їхні спори тривалий час можуть зберігатись у зовнішньому середовищі та харчових продуктах.

• **Профілактика інфекційних захворювань.** Аби запобігти поширенню хвороботворних бактерій, хворих людей і тварин необхідно ізолювати від здорових до повного одужання та очищення організму від збудників. Ці заходи мають назву *карантин*. Інші заходи попередження розповсюдження хвороботворних бактерій – це профілактичні щеплення. Їх здійснюють для запобігання захворюванням на дифтерію, правець та ін. Хворих людей і тварин лікують за допомогою антибактеріальних препаратів, зокрема лікувальних сироваток.

Профілактика – засоби, спрямовані на попередження захворювань та збереження здоров'я. Зокрема, до них належить організація боротьби з комахами та кліщами – переносниками збудників захворювань.

Ключові терміни та поняття. Штам, стерилізація, пастеризація, карантин, профілактика.



Коротко
про
головне

- ▶ У біосфері сапротрофні бактерії розкладають рештки та продукти життєдіяльності організмів до неорганічних та органічних сполук. Тим самим вони забезпечують колообіг речовин у природі, зокрема підтримання родючості ґрунтів, у тому числі існування гумусового шару. Прокаріоти беруть участь у процесах самоочищення водойм: живлячись органічними речовинами, вони зменшують їхній вміст у воді та мулі. Азотфіксуючі бактерії збагачують ґрунти сполуками Нітрогену, а ціанобактерії – одні з основних фотосинтетиків – постачальників кисню у водоймах.
- ▶ Завдяки діяльності бактерій утворилися поклади корисних копалин: залізних руд, нафти тощо.
- ▶ Прокаріотів, здатних спричиняти різні типи бродіння, використовують для отримання молочних продуктів, органічних кислот, квашених овочів, силосованих кормів тощо. Прокаріоти є звичними об'єктами досліджень у галузі біотехнології – науки, яка розробляє методи використання живих організмів або біологічних процесів у промисловості, сільському господарстві, зокрема для очищення навколишнього середовища від побутових і промислових забруднень та у біологічному методі боротьби зі шкідливими для людини організмами.
- ▶ Багато прокаріотів завдають шкоди здоров'ю та господарству людини. Так, «цвітіння» водойм, спричинене певними видами ціанобактерій, робить воду непридатною для пиття та побутових потреб, а токсини цих прокаріотів викликають масову загибель організмів водних екосистем.
- ▶ Серед бактерій є багато паразитичних видів, здатних спричиняти небезпечні захворювання людини, свійських тварин чи культурних рослин. Сапрофітні бактерії вражають продукти харчування, виробляючи небезпечні токсичні сполуки.

Запитання для
самоконтролю

1. З якою метою людина використовує прокаріотів у господарстві?
2. Чому біологічний метод боротьби зі шкідниками має перевагу перед застосуванням отрутохімікатів?
3. Що таке біотехнологія?
4. Яку роль мікроорганізми відіграють у забезпеченні родючості ґрунтів?
5. У чому полягає значення ґрунтових прокаріотів, здатних фіксувати атмосферний азот?
6. Що таке «цвітіння» води та яке його значення?
7. Які захворювання людини та свійських тварин спричиняють бактерії?

Поміркуйте. Яка роль прокаріотів в утворенні гірських порід та підтриманні постійності газового складу атмосфери?



§37. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОДНОКЛІТИННИХ ЕУКАРІОТІВ



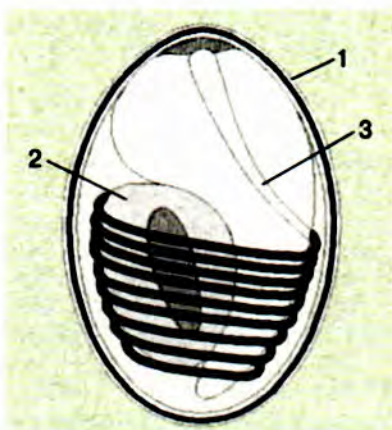
Пригадайте: які систематичні групи одноклітинних еукаріотів вам відомі? Що таке мітоз і мейоз? Яка будова надмембранних і підмембранних комплексів еукаріотичної клітини?

1866 року видатний німецький біолог Ернст Геккель на відміну від багатоклітинних тварин і рослин виділив так зване третє царство – **Протисти** (від грец. *протистос* – найперший). До цього царства він відніс усіх одноклітинних організмів. Частина сучасних учених вживає цей термін як назву нетканинного рівня організації (тобто тканини, утворені спеціалізованими клітинами та продуктами їхньої секреції, відсутні) переважно одноклітинних еукаріотичних організмів – рослин, тварин і грибів.

Іноколи належність одноклітинного організму до певного царства, на відміну від багатоклітинного, можливо встановити лише після ретельних досліджень. Наприклад, особливу групу паразитичних еукаріотів – мікроспоридій – довгий час вважали одноклітинними тваринами. Хазяїна (різноманітних тварин, зрідка – людину) заражають спори цього паразита (мал. 37.1). В оболонці спор виявили хітин, характерний для клітинних стінок грибів; саме до грибів частина сучасних учених нині відносить мікроспоридій.

Евглен одні вчені вважають тваринами, інші – водоростями. Серед цих водних еукаріотів відомі види, здатні до фотосинтезу, та гетеротрофні, зокрема паразитичні.

Так званих слизовиків (мал. 37.2) – паразитів рослин, цитоплазма яких оточена лише плазматичною мембраною, одні вчені відносять до тварин, інші – до грибів.



Мал. 37.1. Спора одноклітинних паразитичних еукаріотів – мікроспоридій: 1 – оболонка спори, до складу якої входить хітин; 2 – амебодіний зародок з ядром; 3 – трубка, за допомогою якої амебодіний зародок залишає спору



А



Б

Мал. 37.2. Слизовики з родів Вороніна (А) та Плазмодіофора (Б): А – паразит у клітинах водорості; Б – зріз через корінь капусти (1 – розрослі клітини кореня, заповнені цистами паразита)



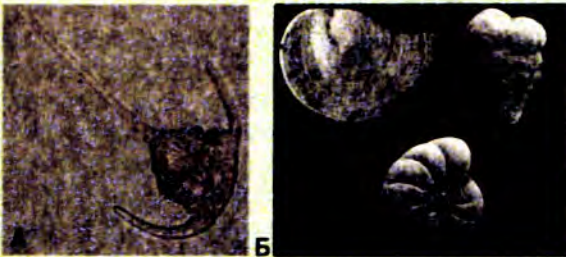
• **Особливості організації клітин одноклітинних еукаріотів.** Ми вже загадували, що клітини еукаріотів мають ядро (зазвичай одне, однак інколи число ядер сягає сотень і тисяч), хоча деякі з них (ситоподібні трубки вищих рослин, еритроцити більшості ссавців тощо) втрачають ядро під час дозрівання. Цитопlasма клітин еукаріотів містить різноманітні органиели, багато з яких оточені двома (мітохондрії, пластиди) або однією (ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, вакуолі тощо) мембранами. Клітини еукаріотів поділяються шляхами мітозу або мейозу.

Поверхневий апарат клітин різних груп протистів не завжди однаковий. У водоростей і грибів зовнішній шар клітини – щільна клітинна стінка, яка унеможливорює утворення несправжніх ніжок (псевдоподій). У водоростей вона складається переважно з полісахаридів (целюлози та пектину). До складу клітинної стінки грибів входить ще й нітрогеновмісний полісахарид – хітин. У частини одноклітинних тварин клітина вкрита плазматичною мембраною з глікокаліксом. Вона може утворювати несправжні ніжки (як-от в амеб). В інших видів клітина має постійну форму завдяки наявності щільного підмембранного шару цитоплазми – пелікули (інфузорії, евглени та ін.), який у деяких набуває особливої міцності, утворюючи своєрідний панцир (мал. 37.3, А).

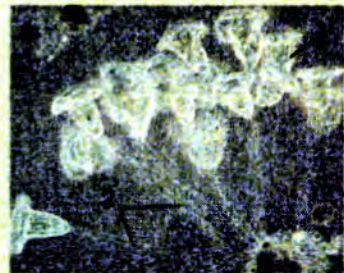
У багатьох одноклітинних тварин, як-от форамініфер (мал. 37.3, Б), клітина розташована в захисній черепашці. Основу черепашок складають органічні речовини, які секретує клітина тварини; черепашки часто просочені мінеральними сполуками або вкриті прилиплими піщинками, голками губок чи іншим стороннім матеріалом.

Майже в усіх одноклітинних тварин під плазматичною мембраною розміщений шар скоротливих волоконць, найкраще розвинений в амебоїдних форм. Вони дають змогу клітині змінювати форму, зокрема захоплювати тверді поживні частинки та пересуватись. У інфузорій-сувійок (мал. 37.4) є особливе скоротливе стебельце, за допомогою якого клітина кріпиться до субстрату.

Ядерні апарати одноклітинних і багатоклітинних еукаріотів можуть відрізнятися між собою. Так, у інфузорій і форамініфер є ядра двох типів: вегетативні – відповідають за регуляцію біосинтезу білків у клітині та інших процесів обміну речовин, генеративні – зберігають спадкову інформацію та забезпечують її передачу дочірнім клітинам під час розмноження.

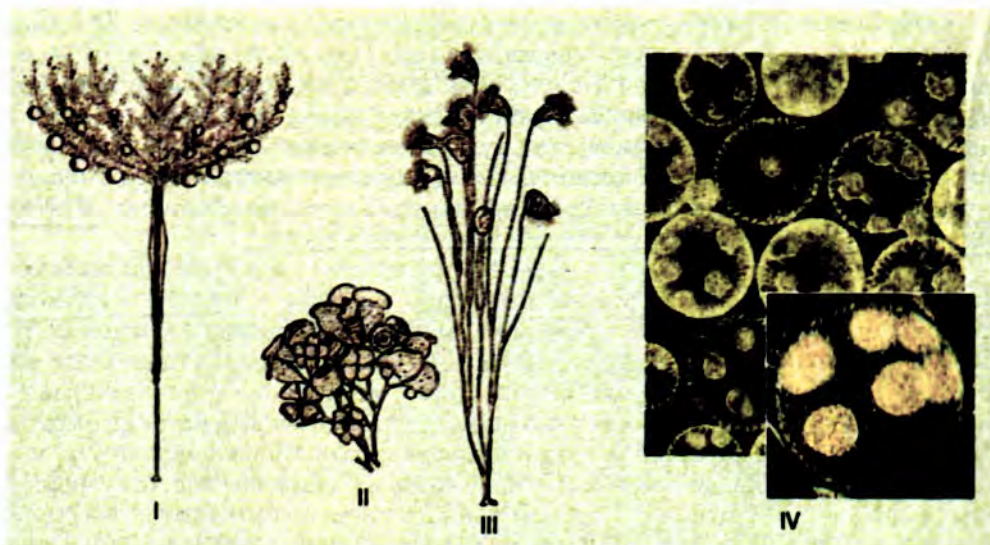


Мал. 37.3. Одноклітинні еукаріоти – мешканці водойм: А – прісноводний панцирний джгутико-вий роду Цераріум; Б – черепашки морських форамініфер



Мал. 37.4. Поселення інфузорій-сувійок: 1 – клітина; 2 – стебельце





Мал. 37.5. Колонії інфузорій з родів Зоотамніум (I), Кархезіум (II) та Кампанела (III) і зеленої водорості з роду Вольвокс (IV)

У фотосинтезуючих видів одноклітинних у різних комбінаціях присутні пігменти: хлорофіли а, b та с, каротини, ксантофіли та інші. Ксантофіли надають хлоропластам різноманітних забарвлень: червоного (червоні водорості), бурого чи коричневого (діатомові водорості) тощо.

• **Колоніальні одноклітинні еукаріоти**, хоча і складаються з багатьох клітин одного чи кількох типів, але кожна з них здебільшого функціонує незалежно з іншими (мал. 37.5). Кількість клітин колонії може з часом змінюватись або залишатись постійною (наприклад, у вольвоксу). Колонії здатні утворювати деякі інфузорії, радіоларії, дріжджі. Зв'язок між окремими клітинами в межах колоній може здійснюватися за допомогою цитоплазматичних містків (вольвокс) або слизової оболонки.

Серед вегетативних клітин колонії вольвоксу можна помітити більші за розміром. Вони забезпечують нестатеве розмноження: за рахунок їхнього поділу утворюються дочірні колонії, які згодом залишають тіло материнської та виходять назовні.

Колонії інфузорій можуть мати вигляд кущиків, на верхівках гілок яких розташовані окремі особини (див. мал. 37.5). Наприклад, колонії роду Зоотамніум мають вигляд пальми з 8–9 листками, кожен з яких вміщує кілька десятків дрібних особин та 1–2 великих. Великі особини відокремлюються від колонії, певний час плавають за допомогою війок, потім осідають на субстрат і дають початок новим колоніям.

Ключові терміни та поняття. Протисти.

- В одноклітинних еукаріотів тіло складається з єдиної клітини, яка водночас є самостійним організмом. Одноклітинні та позбавлені тканин багатоклітинні еукаріоти (рослини, гриби, тварини) отримали загальну назву «протисти».



- ▶ Поверхневий апарат різних груп протистів має свої особливості: у водоростей і грибів зовнішній шар, розташований над мембраною, представлений твердою клітинною стінкою, яка складається переважно з полісахаридів (целюлози, пектину та хітину). В одноклітинних тварин клітина завжди вкрита плазматичною мембраною, яка може утворювати несправжні ніжки або ж має постійну форму завдяки наявності щільного підмембранного шару цитоплазми (пелікули).
- ▶ Серед одноклітинних відомі колоніальні види, які складаються з багатьох клітин одного чи кількох типів; така диференціація пов'язана із забезпеченням розмноження або розселення.



Запитання для
самоконтролю

1. Чим різняться між собою одноклітинні та багатоклітинні еукаріоти? 2. Які особливості будови оболонки клітини в різних груп протистів? 3. У яких організмів існує диференціація ядер на вегетативні та генеративні? У чому полягає біологічне значення цього явища? 4. У чому різниця між колоніальними та багатоклітинними еукаріотичними організмами?

Поміркуйте. Чому одноклітинна еукаріотична істота побудована загалом складніше, ніж будь-яка окремо взята клітина багатоклітинного організму?

§ 38. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОДНОКЛІТИННИХ ЕУКАРІОТІВ



Пригадайте: яка будова джгутиків і війок? Які організми називають автотрофними, міксотрофними та гетеротрофними? Які будова та функції плазматичної мембрани?

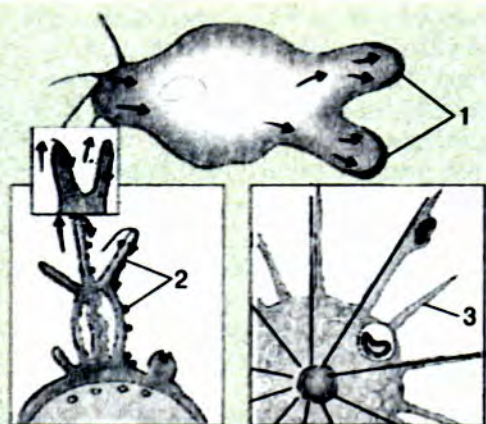
• **Рух протистів** забезпечують особливі органели: джгутики (мал. 38.1), війки або несправжні ніжки. Крім рухової функції джгутики та війки можуть виконувати й деякі інші. Інколи джгутики слугують для прикріплення, утворюючи стебельце (див. мал. 37.4). Рухи джгутиків і війок забезпечують постійні потоки води навколо клітини, які доносять до неї частинки їжі та очищують її поверхню від сторонніх часток.

Амебоїдний рух відбувається завдяки утворенню тимчасових виростів – несправжніх ніжок (псевдоподій). Вони можуть мати різну форму, інколи здатні зливатися між собою



Мал. 38.1. Довгий джгутик евглени зеленої (фотографію зроблено за допомогою сканувального мікроскопа): 1 – заглибина, в якій розташований джгутик (2)





Мал. 38.2. Типи несправжніх ніжок (стрілки вказують рух цитоплазми): 1 – широкі із заокругленою верхівкою; 2 – тонькі, здатні зливатися між собою; у такий спосіб вони утворюють ловильну сітку навколо клітини; 3 – тонькі нерозгалужені

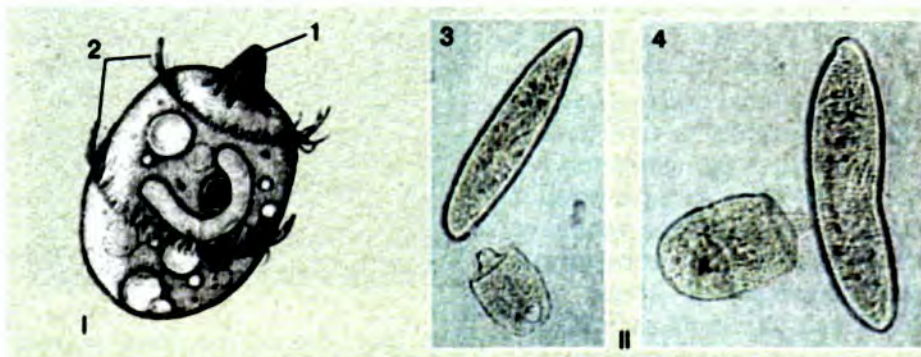


Мал. 38.3. Грегарина – одноклітинний паразит членистоногих

у певних ділянках та утворювати ловильну сітку для захоплення поживних частинок (мал. 38.2).

Ковзний рух притаманний лише небагатьом групам протистів: особливим найпростішим тваринам – грегаринам (мал. 38.3), діатомовим водоростям та деяким іншим. У грегарин ковзний рух відбувається за рахунок хвилеподібних рухів поздовжніх складок поверхні клітини, у діатомових водоростей – стікання слизу з поверхні клітини в певному напрямку.

• Живлення одноклітинних еукаріотів. Серед протистів за типом живлення виділяють автотрофів, гетеротрофів і міксотрофів. Гетеротрофи можуть поглинати їжу за допомогою піноцитозу або фагоцитозу (*пригадайте, як формуються травні вакуолі*). Різновидом фагоцитозу слугує висмоктування здобичі у хижих джгутикових або інфузорій (мал. 38.4).



Мал. 38.4. I. Хижа інфузорія дідіній: 1 – хоботок, на верхівці якого розташований ротовий отвір, проникає у тіло здобичі; 2 – пояски війок, за допомогою яких дідіній плаває. II. Дідіній (3, 4), що споживає інфузорію-туфельку



Багатьом одноклітинним організмам притаманна складна поведінка, пов'язана з пошуком і захопленням їжі. Вона полягає в розпізнаванні рецепторними молекулами поверхні клітини хімічних речовин джерела живлення (іншої клітини, органічних частинок тощо).

Автотрофні (більшість водоростей) та міксотрофні (наприклад, евглена зелена, хламідомонада) протисти здатні до фотосинтезу. Запасними полісахаридами в них слугують крохмаль (зелені водорості), хризоламідарин (діатомові водорості) тощо. У гетеротрофів накопичується полісахарид глікоген.

Неперетравлені тверді рештки в амєбоподібних організмів можуть видалятися в будь-якому місці поверхні клітини, а в тих, які мають постійну форму тіла (наприклад, інфузорія-туфелька), для видалення цих решток слугує ділянка поверхні особливої будови – порошиця (мал. 38.5).

Функцію виділення з клітини надлишку води разом з розчиненими в ній продуктами обміну речовин здійснюють скоротливі вакуолі, притаманні здебільшого прісноводним протистам. У паразитичних видів і мешканців солоних водойм ці вакуолі здебільшого відсутні, а виділення відбувається через всю поверхню клітини.

• Розмноження протистів переважно нестатеве, інколи – статеве. Для багатьох видів (форамініфери, малярійний плазмодій тощо) характерні складні життєві цикли внаслідок чергування поколінь з різними формами розмноження.

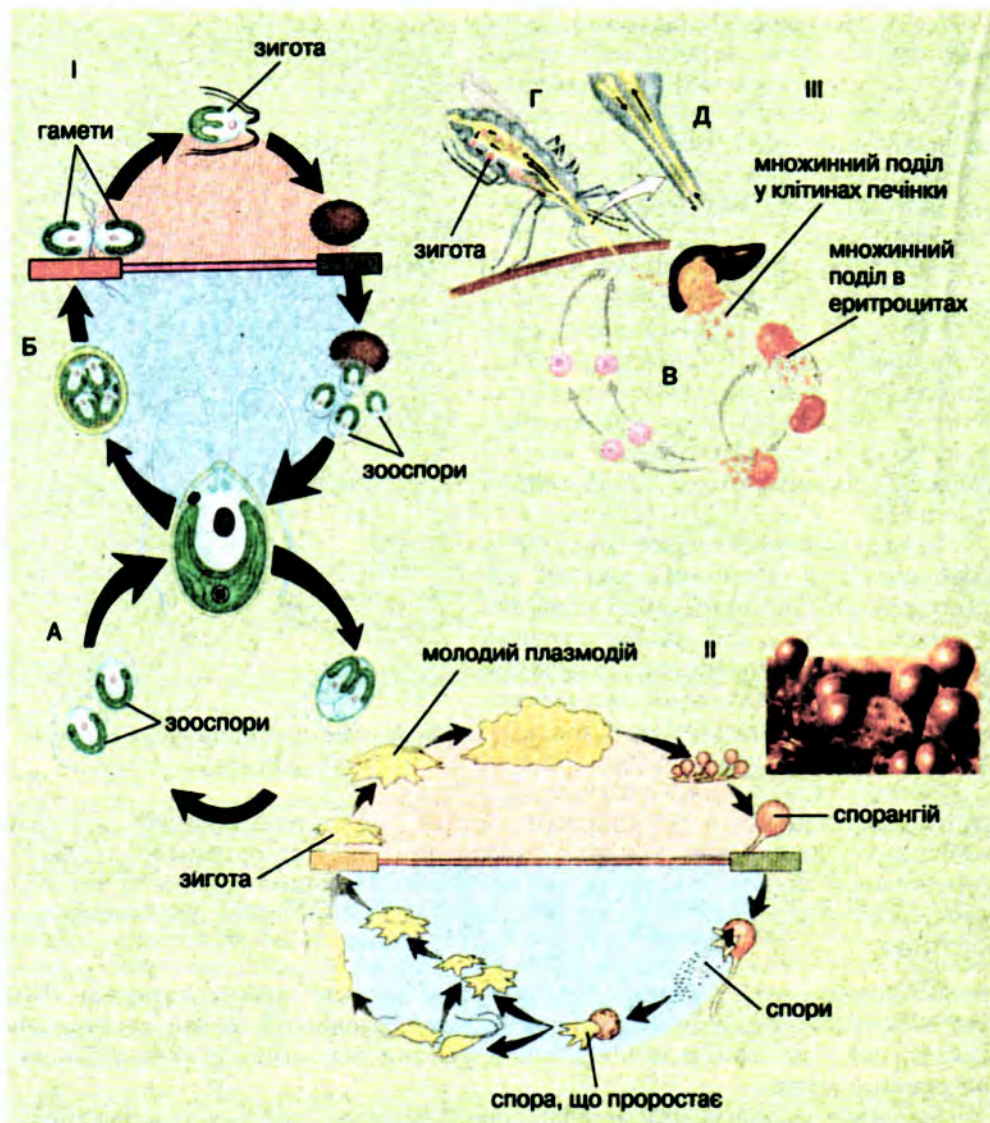
Нестатеве розмноження протистів відбувається у вигляді різновидів мітотичного поділу. У деяких випадках під час мітозу ядерна оболонка зберігається, і ядро перешнуровується навпіл після закінчення розходження хромосом до його полюсів (наприклад, у амєб, багатьох джгутикових тощо).

Нестатеве розмноження протистів може здійснюватися поділом навпіл (амєба протей, евглена зелена, інфузорія-туфелька та ін.), множинним поділом (малярійний плазмодій), брунькуванням (деякі інфузорії) або за допомогою рухомих (зооспори) чи нерухомих спор (водорості, гриби). У процесі брунькування від більшої (материнської) клітини може відокремлюватися одна або декілька дрібніших (дочірніх). Унаслідок множинного поділу ядро клітини багаторазово поділяється, а згодом навколо кожного з дочірніх ядер відокремлюється ділянка цитоплазми і виникають десятки або сотні дрібних дочірніх клітин (форамініфери).



Мал. 38.5. Система органел травлення інфузорії-туфельки





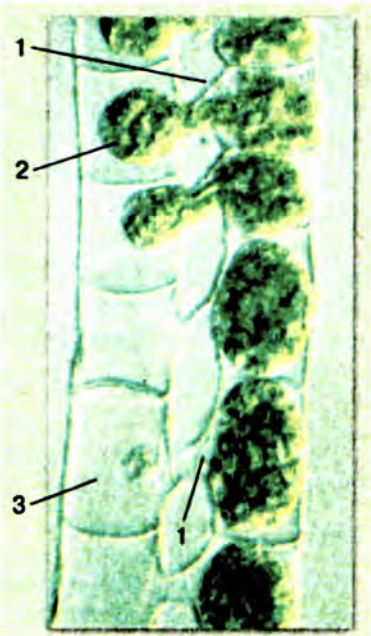
Мал. 38.6. I. Розмноження хламідомонади: нестатеве (А) та статеве (Б). II. Розмноження слизових споровиків. III. Цикл розвитку малярійного паразита: В – нестатеві покоління в організмі людини; Г – статеве розмноження та розвиток нестатевих поколінь в організмі комара; Д – потрапляння рухливих клітин зі слинних залоз комара в кров людини

Статевий процес у протистів здебільшого може відбуватись у формі злиття статевих клітин – гамет та кон'югації. В одних видів (хламідомонади, форамініфери) усі гамети однакові, в інших (малярійний паразит, вольвокс) – жіночі та чоловічі статеві клітини різняться між собою (мал. 38.6).

Кон'югація відома в інфузорій, водоростей і грибів. Під час кон'югації дві клітини інфузорій обмінюються мігруючими ядрами. У нитчастої



Мал. 38.7. Кон'югація у спірогіри: 1 – цитоплазматичний місток між двома клітинами; 2 – вміст однієї клітини переходить до іншої з утворенням зиготи; 3 – покинута клітинна оболонка



водорості спірогіри між окремими клітинами двох ниток виникають цитоплазматичні містки, якими вміст однієї клітини переходить в іншу з утворенням зиготи (мал. 38.7). У подальшому зигота проростає новою ниткою клітин.

• **Поведінка одноклітинних еукаріотів.** Подібно до інших організмів, протистам притаманна *подразливість*, тобто здатність сприймати подразники довкілля і певним чином на них відповідати. Рухові реакції протистів мають назву таксисів. **Таксиси** (від грец. *таксис* – розміщення) – спрямовані рухи організмів у напрямку до (*позитивний таксис*) або від (*негативний таксис*) подразника. Наприклад, клітини евглени зеленої або хламідомонади рухаються в бік джерела освітлення завдяки наявності особливого світлочутливого утвору – вічка.

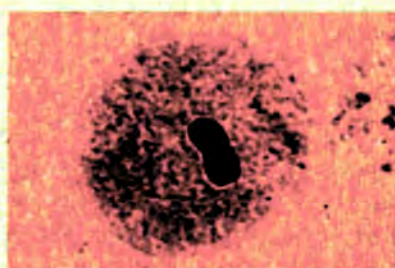
• **Адаптації протистів до середовища мешкання.** Існування в різноманітних середовищах мешкання можливе завдяки наявності в протистів різноманітних пристосувань (адаптацій) до чинників довкілля. Наприклад, у мешканців товщі води є різноманітні вирости черепашки, клітинної стінки внутрішньоклітинного скелета чи панцира у вигляді шипів, радіально розташованих голок (наприклад, у деяких форамініфер і променяків), які збільшують площу поверхні клітини, одночасно зменшуючи її вагу. Вільному ширянню в товщі води сприяє й сітка з тонких несправжніх ніжок (променяки) або включення краплин жироподібної речовини в цитоплазмі (променяки, панцирні джгутикові тощо).

У протистів, які ведуть сидячий спосіб життя, є утвори, за допомогою яких вони прикріплюються до субстрату, наприклад прикріпне стебельце інфузорій-сувійок (мал. 37.4).

Існування у дрібних заповнених водою шпаринах ґрунту (капілярах) також позначається на певних особливостях будови. Клітини ґрунтових протистів у 5–10 разів дрібніші порівняно з розмірами близьких видів – мешканців прісних чи солоних водойм, часто пласкі, дещо спрощеної будови.

Інцистування. Посушливі періоди та низькі температури одноклітинні тварини переживають у вигляді особливих стадій спокою – цист. У процесі утворення цист (інцистування) може відбуватися складна перебудова клітини. Наприклад, в інфузорій під час інцистування зникають структури, пов'язані з активним життям (війки, органи захоплення їжі, вакуолі тощо), цитоплазма зневоднюється, ущільнюється і навколо клітини формуються захисні оболонки (зазвичай їх не менше двох)





Мал. 38.8. Цисти амеби (1) та інфузорії (2)

(мал. 38.8). Ці оболонки характеризуються низькою проникністю і здійснюють механічний та хімічний захист клітини, яка зберігає життєздатність в інцистованому стані протягом місяців і навіть років. Цисти можуть забезпечувати поширення протистів вітром, водою чи за участі живих істот.

Ключові терміни та поняття. Інцистування, таксиси.

- ▶ Рух протистів забезпечують джгутики, війки, псевдоподії, хвилеподібні скорочення поверхні клітини або спрямоване стікання слизу.
- ▶ Серед протистів за типом живлення розрізняють автотрофів, гетеротрофів і міксотрофів. Неперетравлені тверді рештки в амебоподібних організмів можуть видалятися в будь-якому місці поверхні клітини, а в тих, які мають постійну форму тіла (наприклад, інфузорія-туфелька), для видалення цих решток слугує особлива ділянка поверхні – порошиця. Функцію виділення з клітини надлишку води разом з розчиненими в ній продуктами обміну речовин здійснюють скоротливі вакуолі, притаманні здебільшого прісноводним протистам. У паразитичних видів і мешканців солоних водойм ці вакуолі відсутні.
- ▶ У протистів відомі нестатеві та статеві форми розмноження. Нестатеве розмноження може відбуватися шляхом поділу навпіл, множинного поділу, брунькування та ін. Статевий процес здійснюється у вигляді злиття гамет з утворенням зиготи. Для багатьох видів характерні складні життєві цикли внаслідок чергування поколінь з різними формами розмноження. Для переживання несприятливих умов протисти утворюють спори (водорості та гриби) або цисти (одноклітинні тварини).
- ▶ Протистам притаманна подразливість – здатність сприймати подразники довкілля і певним чином на них відповідати. Рухові реакції на подразники мають назву таксисів.

Коротко
про
головне



Запитання для
самоконтролю

1. Які форми руху спостерігають у протистів? Які органилії їх забезпечують?
2. Як у протистів видаляються рештки їжі та виділяються кінцеві продукти обміну речовин?
3. Як розмножуються протисти?
4. Що таке кон'югація? Яке її біологічне значення?
5. Як протисти переживають несприятливі умови?

Поміркуйте. Що спільного та відмінного у розмноженні прокаріотів та одноклітинних еукаріотів?



§ 39. РОЛЬ ПРОТИСТИВ У ПРИРОДІ ТА ГОСПОДАРСТВІ

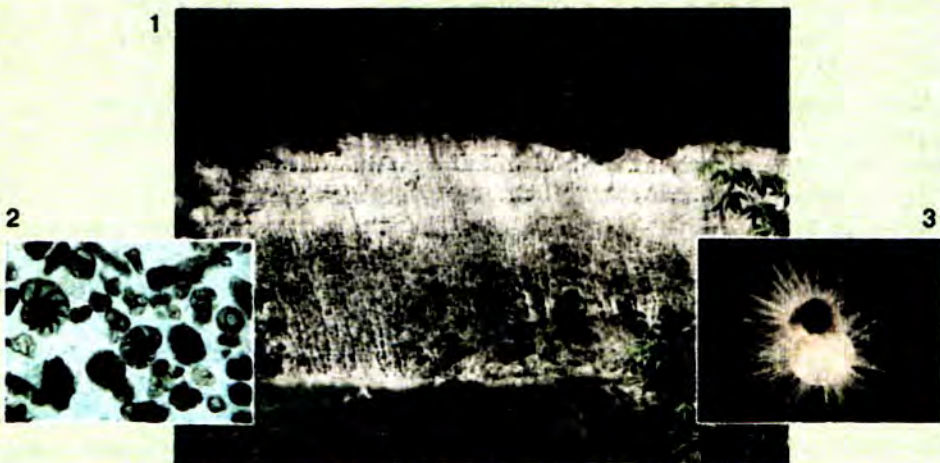


Пригадайте: що таке біологічний спосіб боротьби із шкідливими видами? Що таке керівні копалини? Що таке симбіоз і мутуалістичні взаємозв'язки? Що таке антибіотики та вітаміни?

• Роль у природі. Одноклітинні еукаріоти, клітина яких має мінеральні черепашки (форамініфери), панцир (діатомові водорості) чи мінеральний внутрішньоклітинний скелет (променяки) відіграють важливу роль в утворенні осадових порід. З решток організмів, до складу оболонок (наприклад, червона водорість кораліна) або черепашок (форамініфери) яких входить карбонат кальцію, за сотні мільйонів років утворилися значні поклади вапняку та крейди (мал. 39.1). Унаслідок гороутворюючих процесів дно морів разом з вапняками підіймалося й перетворювалося на суходіл. Так виникали крейдові пагорби та цілі гірські ланцюги, такі як Піренеї, Альпи, Гімалаї. Панцирі відмерлих діатомових водоростей, що складаються з SiO_2 , осідаючи на дно, протягом мільйонів років утворили осадові породи *діатоміти*. Ці поклади використовують для виробництва вибухівки – динаміту. Внутрішній скелет багатьох променяків також складається із SiO_2 . Ці скелети утворили осадові породи *радіоларити*, з яких складається, наприклад, острів Барбадос у Карибському морі, а також поклади таких напівкоштовних каменів, як яшма, опали, халцедон тощо (мал. 39.2).

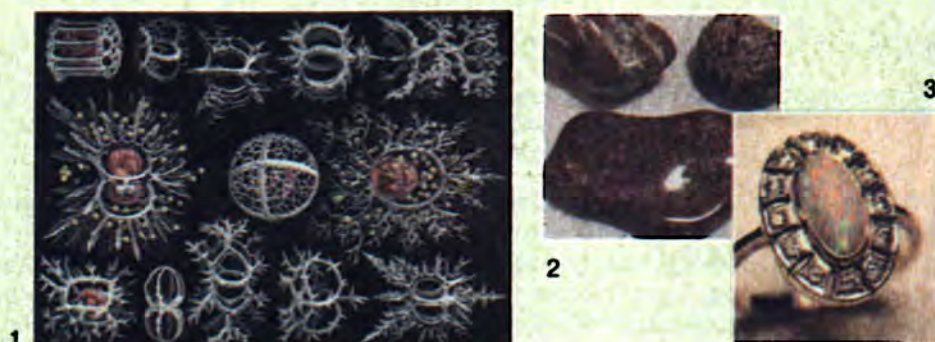
Викопні рештки форамініфер, діатомових водоростей та інших, які добре зберігаються у складі осадових порід, людина застосовує як **керівні копалини**. Оскільки кожна геологічна епоха мала особливий видовий склад цих істот, це дає можливість визначити час утворення тих чи інших порід. Дослідники використовують такі рештки для пошуку покладів корисних копалин, які виникли в певний час історії Землі.

Автотрофні протисти – мешканці водойм – синтезують значну кількість органічних сполук, які можуть споживати інші організми. Крім



Мал. 39.1. Крейдові пагорби на Поділлі (1); різноманітні черепашки форамініфер (2); з отворів черепашок виходять численні псевдоподії (3)





Мал. 39.2. Різноманітність скелетів променяків, або радіолярій (1)
(малюнок, зроблений Е. Геккелем в 60-ті роки XIX сторіччя);
яшма (2); прикраса з опалом (3)

того, у процесі фотосинтезу вони виділяють значну кількість кисню, підтримуючи постійний склад газів в атмосфері. Одноклітинні еукаріоти, здатні поглинати розчини органічних сполук, беруть участь у процесах самоочищення водойм.

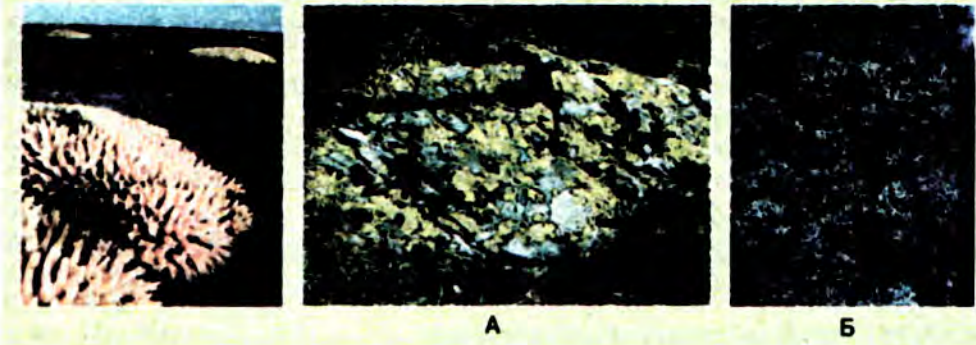
За видовим складом протистів можна визначити санітарний стан водойм. Наприклад, евглена червона мешкає у чистих водоймах, а евглена зелена надає перевагу воді зі значним умістом органічних речовин. Як ви пригадуєте, з подібною метою використовують і прокариотів, наприклад кишкову паличку. Методи визначення стану довкілля за допомогою видового складу організмів називають *біологічною індикацією* (*біоіндикацією*).

Важлива роль одноклітинних еукаріотів у забезпеченні родючості ґрунтів. Гриби розкладають рештки організмів до мінеральних сполук, які споживають зелені рослини. При цьому вони виділяють велику кількість вуглекислого газу, необхідного для фотосинтезу. Крім того, ґрунтові гриби беруть участь у синтезі органічних сполук, з яких формується родючий гумусовий шар ґрунту. Ґрунтові водорості як фотосинтетики утворюють значну кількість органічних речовин та збагачують ґрунт киснем. Масове розмноження ґрунтових водоростей, так зване цвітіння ґрунту, є прикметою доброго врожаю. Найчастіше це явище спостерігають навесні й восени. У цей час маса ґрунтових водоростей може сягати до 1500 кг/га.

Ґрунтові та водні протисти слугують для живлення інших організмів. Деяких з них, наприклад інфузорій, людина розводить для вигодовування личинок і мальків риби.

Багато видів протистів здатні вступати в різні форми симбіозу з іншими організмами. Часто це співіснування має характер мутуалістичних відносин. Усі ви знаєте про коралові рифи. Так от, для утворення масивного зовнішнього вапнякового скелета колонії коралових поліпів (мал. 39.3) потрібно, щоб у їхніх клітинах оселилися певні види водоростей. Водорості можуть оселятись і в клітинах інших багатоклітинних тварин – гідр, війчастих червів тощо. Водорості постачають клітинам тварин кисень і синтезовані органічні сполуки, а натомість отримують притулок і неорганічні речовини, необхідні для здійснення фотосинтезу.





Мал. 39.3. Скелет коралових поліпів утворюється за рахунок їхнього симбіозу з клітинами водоростей

Мал. 39.4. Лишайники ростуть на каменях (А – корковий лишайник) і стовбурах дерев (Б – листоватий лишайник)

У кишечнику деяких комах, наприклад термітів і тарганів, обов'язково присутні особливі одноклітинні багатоджгутикові тварини. Вони виробляють фермент, який розщеплює клітковину, а самі знаходять в організмі комах притулок і запаси їжі. У шлунку травоядних жуйних тварин живуть різні інфузорії, сумарна маса яких може сягати кількох кілограмів. Ці інфузорії живляться бактеріями, що мешкають там само, особливої користі вони організму хазяїна не приносять, хоча і шкоди не завдають.

Одноклітинні водорості в симбіозі з грибами утворюють лишайники (мал. 39.4). Вони синтезують органічні речовини, які споживає гриб, а той, у свою чергу, постачає клітинам водоростей необхідні для фотосинтезу воду та мінеральні сполуки.

• Роль у господарстві та житті людини. Різні види мікроскопічних грибів людина використовує для промислового отримання антибіотиків, вітамінів, продуктів спиртового бродіння тощо.

Перший антибіотик пеніцилін було отримано із цвілевого гриба роду Пеніцил. Нагадаємо, що **антибіотики** – це біологічно активні речовини, які в невеликих кількостях вибірково пригнічують життєдіяльність певних мікроорганізмів або затримують розмноження клітин злоскісних пухлин. Суть дії цих сполук полягає в тому, що одні з них порушують утворення поверхневого апарату та цілісність біологічних мембран (наприклад, пеніцилін), інші – синтез білків чи нуклеїнових кислот мікроорганізмів (наприклад, тетрациклін). Антибіотики є продуктами життєдіяльності різноманітних мікроорганізмів. Крім природних антибіотиків існують штучні, отримані за допомогою хімічного синтезу на підприємствах мікробіологічної промисловості.

Застосовувати антибіотики слід вкрай обережно і лише способом та у дозах, прописаних лікарем. Хвороботворні мікроорганізми досить швидко стають несприйнятливими до цих сполук; тому вчені постійно селекціонують штами мікроорганізмів, здатних утворювати антибактеріальні та антивірусні речовини, та добувають з них нові і нові антибіотики.





Різні види дріжджів використовують у пекарській промисловості, виноробстві, пивоварінні, для отримання спирту та деяких кисломолочних продуктів, зокрема кефіру. Певні види протистів застосовують для очищення промислових і побутових стічних вод, у біологічному способі боротьби із шкідливими видами, зокрема кровосисними комарами.

Одноклітинні еукаріоти можуть завдавати шкоди здоров'ю та господарству людини. Багато видів цвілевих грибів здатні псувати продукти харчування.

Паразитичні протисти, оселяючись в організмах людини, тварин і рослин, спричиняють різноманітні *інфекційні* (від лат. *інфекціо* – заражаю) та *інвазійні* (від лат. *інвазіо* – напад) захворювання. Збудниками інфекційних захворювань бувають віруси, бактерії та гриби, а інвазійних – тварини. До організму хазяїна паразитичні протисти можуть проникати через шлунково-кишковий тракт разом з їжею чи водою (дизентерійні амеби тощо). У разі небезпечного поводження з котами, в організм людини через подрияпини або кишкового тракт можуть проникати одноклітинні тварини – токсоплазми. Токсоплазмоз – це захворювання, особливо небезпечне для вагітних жінок, оскільки хвора мати може передавати збудника зародку через плаценту. Уражуються лімфатичні вузли, м'язи, нервова система, органи зору тощо.

З водою у носову порожнину людини під час купання в багатих на водну рослинність стоячих прісних водоймах можуть потрапити деякі вільноживучі амеби. Згодом вони проникають до клітин кори головного мозку, де масово розмножуються, що призводить до запалення мозку та смерті.

Через пошкодження покривів можуть проникати паразитичні одноклітинні гриби, що уражають шкіру, нігті, волосся тощо. Зокрема, від бродячих собак і котів людина може заразитися стригучим лишаєм та іншими небезпечними грибковими захворюваннями. Під час статевих контактів можливе зараження деякими паразитичними одноклітинними тваринами (трихомонадами) та грибами.

Стригучий лишай – захворювання шкіри, волосся та нігтів, яке викликають грибки з роду Трихофітон. Спори гриба передаються через контакти з хворим, його одягом, посудом, хатніми тваринами тощо. Свою назву це захворювання отримало тому, що волосся на вражених ділянках стає коротеньким, наче стриженим. На шкірі розвиваються плями, утворюються численні луски, які відпадають. Зрештою, вражені місця запалюються та виділяють гній. Особливо часто ця інфекція вражає дітей шкільного віку.

Потрапляння паразитичних одноклітинних тварин в організм людини та хребетних тварин можливе через укуси переносників – кровосисних комах або кліщів (мал. 39.5). Так, малярійні комарі передають збудників



Мал. 39.5. Кровосисні комахи та кліщі – переносники збудників інвазійних захворювань людини і хребетних тварин: 1 – мошка; 2 – комар; 3 – кліщ



малярії, кровосисні мухи це-це – збудників сонної хвороби, кліщі – паразитів крові собак, великої рогатої худоби, а зрідка й людини – *піроплазм*. Хвороби, які вони викликають (*піроплазмози*), супроводжуються недокрів'ям і можуть завершитися смертю.

Ключові терміни та поняття. Керівні копалини, біологічна індикація стану довкілля.

- ▶ Одноклітинні еукаріоти, клітина яких має черепашку, панцир чи мінеральний внутрішньоклітинний скелет, відіграють важливу роль в утворенні осадових порід – вапняків, крейди, діатомітів, радіоляритів тощо.
- ▶ Високі рештки протистів використовують як керівні копалини для визначення віку осадових порід.
- ▶ Автотрофні протисти синтезують значну кількість органічних сполук, які можуть споживати інші організми, та виділяють значну кількість кисню, підтримуючи постійний склад газів в атмосфері.
- ▶ Протисти, здатні поглинати розчини органічних сполук, беруть участь у процесах самоочищення водойм. За видовим складом протистів можна визначити санітарний стан водойм. Методи визначення стану довкілля за допомогою видового складу організмів називають біологічною індикацією (біоіндикацією).
- ▶ Протисти розкладають рештки організмів, а також збагачують ґрунт органікою. Ґрунтові гриби беруть участь у синтезі органічних сполук, з яких формується родючий гумусовий шар ґрунту. Ґрунтові та водні протисти слугують для живлення інших організмів. Деяких з них людина розводить для відгодівлі личинок і мальків риб. Певні види застосовують для очищення промислових і побутових стічних вод, у біологічному способі боротьби із шкідливими видами, зокрема кровосисними комарами.
- ▶ Різні види мікроскопічних грибів людина використовує для промислового отримання антибіотиків, вітамінів, продуктів спиртового бродіння тощо.
- ▶ Деякі види протистів можуть завдавати значної шкоди здоров'ю та господарству людини. Багато видів грибів здатні псувати продукти харчування, виробляючи отруйні (токсичні) сполуки. Паразитичні протисти, оселяючись в організмах людини, тварин і рослин, спричиняють різноманітні інфекційні та інвазійні захворювання.

Коротко
про
головне



З питання для
самоконтролю

1. Яка роль протистів в утворенні осадових порід? 2. Які організми називають керівними копалинами? Де їх застосовують? 3. Яка роль протистів у процесах ґрунтоутворення? 4. Що таке біологічна індикація стану довкілля? 5. Які особливості симбіозу протистів з іншими організмами? 6. Яких протистів людина використовує для отримання лікарських препаратів та харчових продуктів? 7. Які захворювання людини, свійських тварин та рослин викликають протисти?

Поміркуйте. Про що свідчить наявність у прісній водоймі великої кількості планктонних гетеротрофних протистів?



ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

ПОРІВНЯННЯ СИМПТОМІВ ЗАХВОРЮВАНЬ, ЯКІ СПРИЧИНЯЮТЬ ВІРУСИ І БАКТЕРІЇ

Мета: навчитися розрізняти вірусні та бактеріальні хвороби за симптомами, які проявляються у хворого.

Хід роботи:

1. Порівняйте симптоми захворювань на ангіну та дифтерію.
2. З'ясуйте причину, джерело інфекції і спосіб зараження.
3. Порівняйте симптоми захворювань на грип та гострі респіраторні вірусні інфекції (ГРВЗ).
4. З'ясуйте причину, джерело інфекції і спосіб зараження.
5. З'ясуйте основні засоби лікування і способи профілактики бактеріальних і вірусних захворювань.
6. Зробіть висновки щодо схожості й відмінності проявів бактеріальних і вірусних захворювань.

ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. Назвіть метод, за допомогою якого можна визначати санітарний стан довкілля: а) порівняльно-описовий; б) біологічної індикації; в) математичної статистики; г) електронно-мікроскопічні дослідження.
2. Визначте, які з біологічних систем перебувають на організмовому рівні організації: а) пріони; б) дріжджі; в) віруси; г) віроїди.
3. Визначте, що таке подразливість: а) здатність організмів до фотосинтезу; б) здатність організмів до сприйняття певних впливів зовнішнього і внутрішнього середовища та відповіді на них; в) здатність організмів до виділення продуктів обміну речовин; г) здатність організмів до розмноження.
4. Визначте, як називають реакції на подразники довкілля, які відбуваються у вигляді руху усього організму в напрямку подразника або від нього: а) таксиси; б) тропізми; в) настії; г) нутації.
5. Зазначте, чим клітини прокаріотів відрізняються від клітин еукаріотів: а) відсутністю клітинної стінки; б) відсутністю плазматичної мембрани; в) відсутністю мітохондрій; г) відсутністю рибосом.
6. Зазначте органели, які притаманні як клітинам прокаріотів, так і клітинам еукаріотів: а) ядро; б) мітохондрії; в) рибосоми; г) ендоплазматична сітка.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. Назвіть одноклітинні організми, які можуть утворювати колонії: а) протисти; б) губки; в) ціанобактерії; г) бурі водорості.
2. Назвіть групи мікроорганізмів, здатних вступати з організмом хазяїна в мутуалістичні відносини: а) бульбочкові бактерії; б) пурпурні бактерії; в) бактерії, які мешкають у рубці жуйних тварин; г) паличка ботулізму.
3. Укажіть органели, які можуть зустрічатись у прокаріотів: а) лізосоми; б) скоротливі вакуолі; в) газові вакуолі; г) рибосоми.
4. Укажіть організми, які належать до прокаріотів: а) стафілококи; б) пріони; в) віруси; г) ціанобактерії.



5. Зазначте процеси, які здатні здійснювати ціанобактерії: а) фотосинтез; б) джгутиковий рух; в) фіксування атмосферного азоту; г) фагоцитоз.
6. Укажіть функції, які виконують спори бактерій: а) розмноження; б) синтез білків; в) переживання несприятливих умов; г) поширення.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

1. Визначте відповідність органел і структур клітини групам організмів, у клітинах яких вони трапляються:

Групи організмів	Органели та структури
А Зелені водорості Б Ціанобактерії В Амеба протей Г Клітини інфузорій	1 Псевдоподії 2 Хлоропласти 3 Нуклеоїд 4 Ядра вегетативні та генеративні 5 Вакуолі з клітинним соком

2. Визначте, які типи живлення притаманні перерахованим видам одноклітинних еукаріотичних організмів:

Тип живлення	Представники
А Автотрофи Б Міксотрофи В Гетеротрофи	1 Евглена зелена 2 Амеба протей 3 Кишкова паличка 4 Вольвокс

3. Встановіть відповідність між групами прокаріотів і притаманними їм ознаками:

Групи прокаріотів	Ознаки
А Бульбочкові бактерії Б Ціанобактерії В Зелені бактерії Г Нітрифікуючі бактерії	1 Паразитичний спосіб життя 2 Здатність до хемосинтезу 3 Фотосинтез з виділенням кисню 4 Фотосинтез без виділення кисню 5 Здатність фіксувати атмосферний азот

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

- Чому деякі вільноживучі види протистів, потрапивши в організм людини або тварин, переходять до паразитичного способу життя?
- Чому в клітинах одноклітинних протистів різноманітність органел більша, ніж у клітинах багатоклітинних еукаріотів?
- Чому справжні багатоклітинні організми відомі лише серед еукаріотів?



ТЕМА 3. БАГАТОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

- особливості будови та функцій багатоклітинних організмів;
- регуляторні системи багатоклітинних організмів;
- колоніальні багатоклітинні організми.

§ 40. БАГАТОКЛІТИННІ ЕУКАРІОТИ



Пригадайте: до яких царств живої природи належать багатоклітинні організми? Що таке вегетативне розмноження? Які рівні організації життя вам відомі? Які особливості будови клітин рослин, грибів і тварин?

• **Царства еукаріотів.** Раніше ми розглянули особливості організації одноклітинних еукаріотів. Багатоклітинні еукаріоти належать до одного з трьох царств: Рослини, Гриби і Тварини. Усі багатоклітинні еукаріоти перебувають на організмовому рівні організації живої матерії. Інколи для зручності застосування описово-порівняльного методу досліджень гістологи виділяють *тканинний та органний рівні організації*. На відміну від справжніх рівнів організації (клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний та біосферний), ці щаблі не мають специфічних рис обміну речовин і перетворень енергії, нездатні до автономного існування в природному середовищі.



Мал. 40.1. Міксотрофні рослини: 1 – комахоїдна рослина росичка; 2 – рослина-напівпаразит (омела)

• **Царство Рослини.** Як ви пригадуєте, клітини рослин оточені щільною клітиною стінкою, розташованою поверх плазматичної мембрани. До її складу входять різні полісахариди, насамперед целюлоза. Зв'язки між сусідніми клітинами забезпечуються завдяки плазмодесмам. Цитоплазма клітин рослин часто містить вакуолі з клітинним соком, а також різні пластиди. Завдяки наявності хлорофілу більшість рослин здатна до фотосинтезу, тобто автотрофного живлення. Комахоїдні (росичка, непентес та ін.; мал. 40.1, 1) або так звані напівпаразитичні (наприклад, омела; мал. 40.1, 2) рослини належать до міксотрофів. Ці рослини здатні до фотосинтезу, однак поряд із цим споживають органічні сполуки комах (комахоїдні рослини) або в складі соків рослини-хазяїна (омела). Деякі паразитичні рослини (наприклад, Петрів хрест, пови́тиця; мал. 40.2) – гетеротрофні; вони не мають



хлорофілу і живляться виключно органічними сполуками.

Унаслідок фотосинтезу в цитоплазмі рослинних клітин відкладаються полісахариди, як-от крохмаль. Крім хлорофілів, у клітинах рослин часто містяться жовті, червоні або бурі пігменти (ксантофіли, антоціани тощо), що надає відповідного забарвлення їхнім клітинам.

• **Царство Гриби** об'єднує гетеротрофні організми, серед яких відомі сапротрофні, симбіотрофні та паразитичні види. *Симбіотрофами* називають організми, живлення яких залежить від істот інших видів, з якими вони перебувають у мутуалістичних відносинах (мал. 40.3). До складу клітинних стінок грибів часто, крім інших полісахаридів, входить нітрогеновмісний полісахарид хітин. У цитоплазмі відсутній клітинний центр (*пригадайте його будову та функції*). Там само запасасться полісахарид глікоген, а у вакуолях – гранули білків. Продуктом обміну нітрогеновмісних сполук є сечовина. У плодових тілах і грибниці часто є кілька типів клітин, проте справжні тканини відсутні.

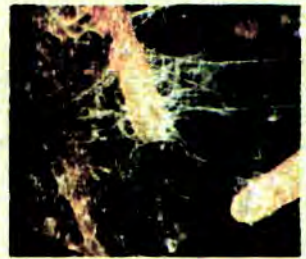
• **Царство Тварини.** Багатоклітинні тварини виключно гетеротрофи, хоча деякі з них містять у клітинах симбіотичні водорості, унаслідок чого набувають зеленого кольору (наприклад, деякі види губок, гідр, війчастих червів; мал. 40.4). Більшість багатоклітинних тварин здатна активно пересуватися за допомогою м'язів.

Тваринні клітини не мають щільної стінки, над плазматичною мембраною розташований лише тонкий пружний шар глікокаліксу. Завдяки відсутності щільної клітинної стінки певні типи клітин здатні до фагоцитозу. Запасним полісахаридом, як і у грибів, є глікоген.

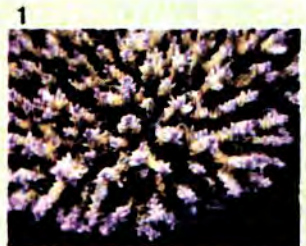
• **Особливості організації багатоклітинних еукаріотів.** Ми вже згадували, що кожна клітина, яка входить до складу *багатоклітинних організмів*, призначена для здійснення лише певних функцій. Відповідно різні типи клітин відрізняються за особливостями будови, тобто вони диференційовані. Тому функціонування багатоклітинного організму як цілісної біологічної системи забезпечене узгодженою діяльністю всіх його клітин. У багатоклітинних еукаріотів різноманітні прояви процесів життєдіяльності (живлення, дихання, виділення, подразливість тощо) лише частково здійснюються на клітин-



Мал. 40.2. Паразитична гетеротрофна рослина Петрів хрест



Мал. 40.3. Мікориза – наслідок симбіозу шапкових грибів з кореневою системою рослин



Мал. 40.4. Тварини, що мають у своїх клітинах водорості: 1 – коралові поліпи з роду Акропора; 2 – війчастий черв'як



ному рівні, а переважно – завдяки взаємодії тканин, органів та систем органів.

Для багатоклітинних організмів характерний індивідуальний розвиток (*онтогенез*), який починається від зародження і закінчується смертю. Онтогенез, у свою чергу, включає зародковий і післязародковий періоди розвитку.

Серед багатоклітинних так само, як і серед одноклітинних, трапляються *колоніальні організми*. Вони утворюються внаслідок вегетативного розмноження, коли особини дочірніх поколінь залишаються сполученими з материнською (наприклад, колонії коралових поліпів).

• **Багатоклітинні організми, що не мають тканин.** У багатоклітинних грибів, водоростей і деяких тварин (наприклад, губок) виражених тканин немає, бо їхні клітини слабо взаємодіють між собою. Зовнішній шар клітин утворює покриви, які відокремлюють внутрішнє середовище організму від зовнішнього.



Мал. 40.5. Гриби – царство гетеротрофних організмів: I – міцелій цвілевих грибів на хлібі; II – гіфи цвілевих грибів, на верхівках яких утворюються спори; III – гіфи грибів (1 – не поділені перетинками на окремі клітини; 2 – поділені на окремі клітини)

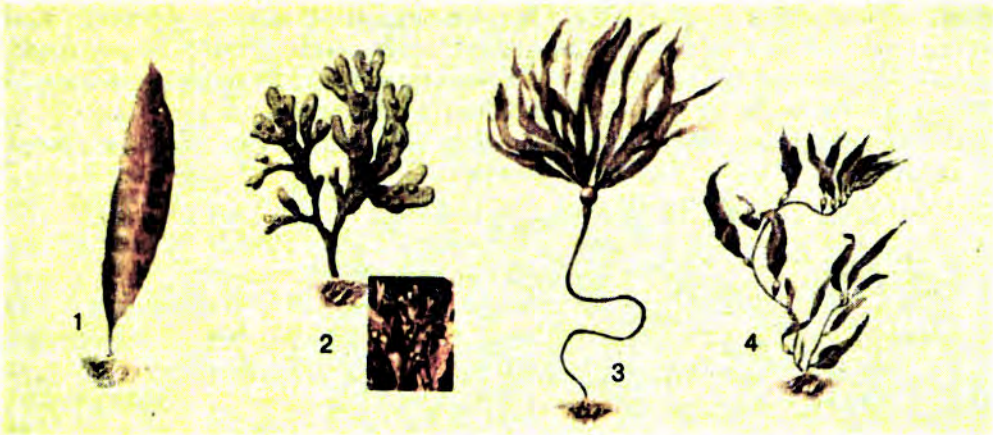
Тіло багатоклітинних грибів складається з послідовно розміщених клітин, які утворюють нитки – *гіфи*. Гіфам притаманні верхівковий ріст і бічнегалуження. Їхня сукупність має назву *грибниця*, або *міцелій* (мал. 40.5). Гіфи здатні швидко рости: є гриби, у яких за одну добу утворюється міцелій завдовжки десятки метрів. Частина міцелію розташована всередині середовища, на якому зростає гриб (субстратний міцелій), частина – на його поверхні (повітряний міцелій). За рахунок повітряного міцелію утворюються так звані плодові тіла, які слугують для розмноження спорами. Усі гриби – гетеротрофні організми.

Тіло багатоклітинних водоростей має назву *талом*, або *слань*. Різні групи водоростей розрізняються за сукупністю пігментів, структурою хлоропластів, продуктами фотосинтезу, особливостями будови мітохондрій тощо. Відділ бурих (мал. 40.6) водоростей представлено виключно багатоклітинними видами.

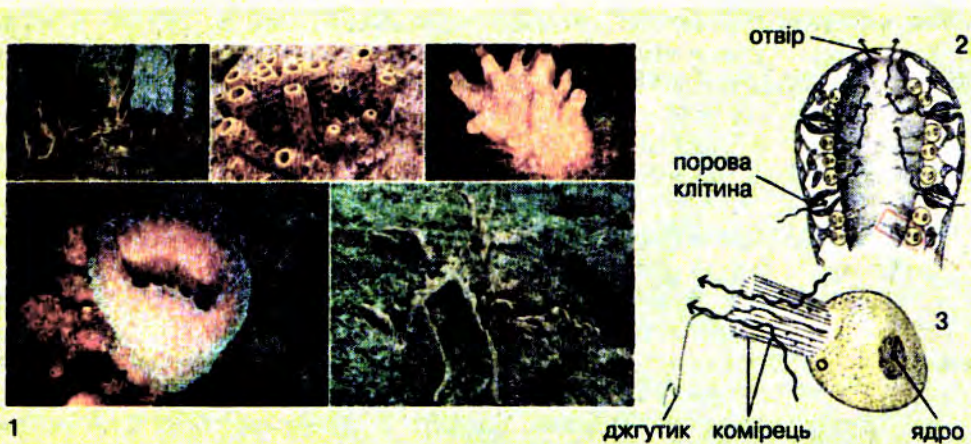
Серед зелених водоростей, окрім одноклітинних і колоніальних, відомі справжні багатоклітинні (хара) та так звані нитчасті, тіло яких, подібно гіфам, утворено нитками з послідовно з'єднаних клітин.

До багатоклітинних тварин, які не мають тканин, належить кілька тисяч водних видів, які об'єднують у тип Губки (мал. 40.7). Їхнє мішкоподібне тіло складається зі стінок та заповненого водою внутрішнього простору, що відкривається в навколишнє середовище великим отвором. Через нього з тіла тварини виходить вода з неперетравленими рештками їжі. Ззовні та зсередини стінки тіла вкриті захисним шаром клітин, щільно прилеглих одна до одної. Основна частина стінки тіла складається





Мал. 40.6. Бурі водорості з родів Ламінарія (1), Фукус (2), Макроцистис (3), Нереоцистис (4)



Мал. 40.7. Губки – багатоклітинні тварини, які не формують тканин (1).
Схема будови губки (2); комірцева клітина із джгутиком (3)

з безладно розміщених клітин кількох типів і міжклітинної речовини; у ній розташовані опорні елементи (скелет), система порожнин і каналів, у яких рухається вода із зовнішнього середовища до внутрішнього простору губки. Ці канали закінчуються особливими малими отворами – порами. Скелет складається з твердих міцних голок, побудованих з CaCO_2 (так звані вапнякові губки), SiO_2 або гнучких волокон з рогоподібної речовини; два останні різновиди часто трапляються в одному організмі, доповнюючи один одного.

У каналах є так звані комірцеві клітини, які мають джгутик, оточений особливим утвором («комірцем»). Биття джгутиків спричинює рух води через тіло тварини; вони ж заганняють поживні частки (переважно різні одноклітинні організми) під комірцеві, де їх захоплюють несправжні ніжки. У губок виключно внутрішньоклітинне травлення. Його здебільшого забезпечують амебоїдні клітини, здатні до фагоцитозу. Розмножуються ці



тварини статевим шляхом або брунькуванням. У них відсутні статеві залози, а яйцеклітини та сперматозоїди виникають з особливих клітин, розсіяних у товщі тіла. Із заплідненого яйця виходить укрита війками личинка, яка певний час плаває, а потім осідає на різні підводні предмети та перетворюється на дорослу особину. Внаслідок брунькування виникають колонії губок.

• **Що таке тканина?** *Тканиною називають сукупність клітин, подібних за будовою, функціями та походженням.* Кожна тканина виконує в організмі особливі функції. Між тканинами рослин і тварин є значні розбіжності у формуванні і будові. У тварин різні типи тканин виникають під час ембріонального розвитку з певних груп зародкових клітин, або листків (*екто-, мезо- та ектодерми*); у вищих рослин усі тканини беруть початок від твірної тканини (*меристеми*). Головна відмінність між тканинами тварин і рослин полягає ще в тому, що тканини тварин часто складаються не лише з клітин, а також із міжклітинної речовини, яка є продуктом їхньої життєдіяльності. Окремі клітини так званих рідких тканин (кров тощо) занурені в міжклітинну рідину. У тканинах рослин міжклітинної речовини практично немає. Натомість між оболонками рослинних клітин часто розміщені порожнини більшого чи меншого розміру – міжклітинники. Вміст сусідніх клітин рослин сполучений плазмодесмами.

Тканини тварин вивчає наука *гістологія* (від давньогрецьких *гістос* – тканина та *логос* – знання, слово, наука). Мікроскопічну будову тканин рослин досліджує *мікроскопічна анатомія*.

• **Явище диференціації клітин і формування тканин.** Багатоклітинні організми часто беруть свій початок від однієї клітини – зиготи, спори тощо. У ДНК цієї клітини закодована вся спадкова інформація про майбутній організм. Дочірні клітини, хоча і є копіями материнської, однак з кожним поділом дедалі більше відрізняються від неї. Згодом вони перетворюються на клітини, характерні для певних тканин у складі тих чи інших органів. Такий процес дістав назву *диференціації*. У дорослому організмі місця відмерлих клітин заступають подібні їм, а всі різні клітини органів і тканин діють узгоджено (явище *інтеграції*). Отже, існують певні взаємодії між клітинами, які забезпечують узгоджений ріст і розвиток молодого організму та стабільність зрілого. Що відомо про такі взаємодії?

Учені встановили, що вже на ранніх етапах поділу зиготи одні клітини зародка впливають на інші. Це явище назвали *зародковим взаємовпливом* (*ембріональною індукцією*). Воно багато в чому до нашого часу залишається недослідженим. Доведено, що деякі зародкові клітини (*організатори*) виділяють певні речовини, які спрямовують диференціацію інших клітин. Так, реалізуючи лише певну частину власного геному, ці клітини стають епітеліальними, нервовими, м'язовими тощо. Важливу роль у диференціації відіграють так звані *стовбурові клітини*, при кожному поділі яких одна з дочірніх клітин відіграє роль організатора, інша – диференціюється (термін «стовбурова клітина» запропонував 1909 року російський гістолог О. Максимов (1874–1928)).

Стовбурові клітини розташовані в особливих місцях різних тканин (зокрема, внутрішнього середовища та епітеліальних) людини та багатьох хребетних тварин. Вони здатні поділятися, при цьому їм властиве са-





мопідтримання: після поділу одна з дочірніх клітин залишається стовбуровою, інша – згодом диференціюється. Вони також визначають здатність до регенерації, поновлюючи клітинний склад організмів.

Стовбурові клітини характеризуються низкою особливостей, які відрізняють їх від інших клітин. По-перше, вони здатні поділятися необмежену кількість разів. По-друге, при введенні стовбурових клітин в організм, вони знаходять зону ушкодження і залишаються в ній, забезпечуючи відновлення клітинного складу та втрачених функцій.

Слід зазначити, що стовбурових клітин в організмі людини дуже мало: у зародка людини одна така клітина припадає на 10 000 інших, а в людини віком понад 60 років – на 5–8 млн. Якщо стовбурові клітини втрачають свої властивості – організм приречений на загибель. Врятувати його може тільки операція з введення стовбурових клітин, отриманих від донора (*пригадайте, хто такий донор*), наприклад шляхом пересадження червоного кісткового мозку.

У зародків ссавців стовбурові клітини можуть давати початок усім типам клітин. У дорослому організмі вони лише підтримують кількість диференційованих клітин на необхідному для забезпечення життєздатності рівні.

• **Що таке орган?** Орган – це частина організму, яка має певну будову, виконує одну або кілька специфічних функцій. Зазвичай органи складаються з тканин різних типів, але часто переважає один з них (наприклад, у серці – м'язова тканина, у бруньках рослин – твірна тощо). Органи, які виконують спільні функції, складають певну **систему органів**. Так, у більшості багатоклітинних тварин розвинені травна, дихальна, кровоносна, видільна, нервова, статеві та інші системи.

Органи певної системи можуть бути просторово пов'язані між собою (травної чи дихальної) або «розкидані» в організмі та об'єднані лише функціонально (ендокринної).

Органи різних систем можуть тимчасово виконувати спільні функції, утворюючи **функціональну систему органів**, наприклад під час бігу узгоджено працюють опорно-рухова, дихальна, кровоносна, нервова системи тощо.

Органи багатоклітинних організмів поділяють на призначені для розмноження (**репродуктивні**) та ті, які забезпечують усі інші процеси життєдіяльності – обмін речовин, рух, ріст тощо. Репродуктивні органи рослин, що слугують для статевого розмноження, називають **генеративними**, а тварин – **статевими**.

Ключові терміни та поняття. Колоніальні організми, тканина, орган, система органів, функціональна система органів.

- ▶ Багатоклітинні еукаріоти належать до одного з трьох царств: Рослини, Гриби або Тварини.
- ▶ Клітини, які входять до складу багатоклітинних організмів, призначені для здійснення лише певних функцій, тобто диференціюються впродовж ряду послідовних поділів. Тому функціонування багатоклітинного організму як цілісної біологічної системи забезпечене узгодженою діяльністю всіх його клітин. Для багатоклітинних організмів характерний

Коротко
про
головне



Коротко
про
головне

індивідуальний розвиток (онтогенез). Стовбурові клітини дають початок усім диференційованим клітинам за весь період онтогенезу.

- ▶ Колоніальні організми утворюються шляхом вегетативного розмноження, коли особини дочірніх поколінь залишаються сполученими з материнською.
- ▶ У багатоклітинних грибів, водоростей і деяких тварин (наприклад, губок) є більш-менш диференційовані клітини, які майже не взаємодіють між собою, тому такі організми не мають тканин. Тіло багатоклітинних грибів складається з послідовно розміщених клітин, які утворюють нитки – гіфи. Їхня сукупність має назву грибниця, або міцелій. У багатоклітинних водоростей тіло має назву талом, або слань.
- ▶ Мішкоподібне тіло губок складається зі стінок та заповненої водою внутрішньої порожнини.
- ▶ Більшість багатоклітинних тварин та всі вищі рослини формують тканини та органи. Тканина – сукупність подібних за будовою, функціями та походженням клітин. Орган – це частина організму, яка має певну форму і будову, виконує одну або кілька специфічних функцій.
- ▶ Органи, які виконують спільні функції, утворюють систему органів. Органи різних систем можуть спільно виконувати певну функцію, утворюючи тимчасову функціональну систему.
- ▶ У багатоклітинних організмів розрізняють органи розмноження (репродуктивні) та всі інші.



Запитання для
самоконтролю

1. Чим характеризуються багатоклітинні тварини, рослини та гриби?
2. Чим відрізняються колоніальні та багатоклітинні організми?
3. Які багатоклітинні організми не мають тканин?
4. Що таке тканина?
5. Що становлять собою стовбурові клітини та яке їхнє біологічне значення?
6. Що таке орган, система органів і функціональна система органів?
7. Які органи називають репродуктивними та генеративними?

Поміркуйте. Що спільного та відмінного в організації багатоклітинних тварин, рослин і грибів?

§ 41. ТКАНИНИ РОСЛИН



Пригадайте: які рослини належать до водоростей, а які – до вищих рослин? Яка будова стінок рослинних клітин? Як побудоване стебло багаторічної дерев'янистої рослини? Що таке секреція та екскреція?

Тканини рослин поділяють на твірні, покривні, провідні, механічні та основні.

• **Твірні тканини (меристема)** складаються з дрібних, більш-менш щільно прилеглих одна до одної клітин. Вони мають тоненькі клітинні стінки з невисоким вмістом целюлози, велике ядро і зазвичай позбавлені вакуоль. Клітини твірних тканин здатні до поділу та росту, які можливі завдяки розтяжній оболонці. Твірні тканини практично не мають міжклітинної



речовини. Клітини меристеми при дозріванні перетворюються (диференціюються) в клітини інших типів.

За місцем розташування виділяють верхівкову, вставну та бічну меристему. **Верхівкова меристема** розміщена на верхівці пагона (конус наростання) або кореня (зона поділу) та забезпечує ріст у довжину (верхівковий ріст) (мал. 41.1). **Вставна меристема** розташована біля основ міжвузлів деяких рослин (наприклад, злаків) і забезпечує їхнє видовження (вставний ріст). **Бічна меристема** у вигляді циліндра міститься всередині стебла або кореня багаторічних рослин та забезпечує їхнє потовщення.

Розрізняють також первинну та вторинну меристему. **Первинна меристема** закладається на верхівках зародкових кореня та стебла. **Вторинні меристеми** виникають з різних дозрілих клітин, які зберегли здатність до поділу (наприклад, корковий камбій – з клітин основної тканини або шкірки).

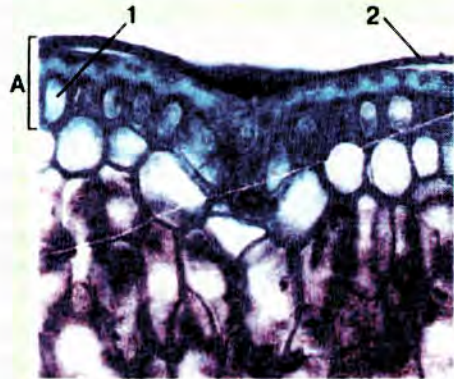
У разі ушкодження тканин чи при вегетативному розмноженні деякі клітини епідерми, основної тканини тощо також виявляють здатність до поділу. При цьому з клітин інших тканин виникають клітини, які забезпечують регенерацію чи утворення нових особин.

• **Покривні тканини** розташовані на поверхні органів і відмежовують їх від зовнішнього середовища. Вони захищають організм від впливів несприятливих зовнішніх чинників, забезпечують його взаємозв'язок з довкіллям, регулюють процеси газообміну та випаровування води (транспірації). Розрізняють первинну (епідерма, або шкірка) та вторинні (корок) покривні тканини.

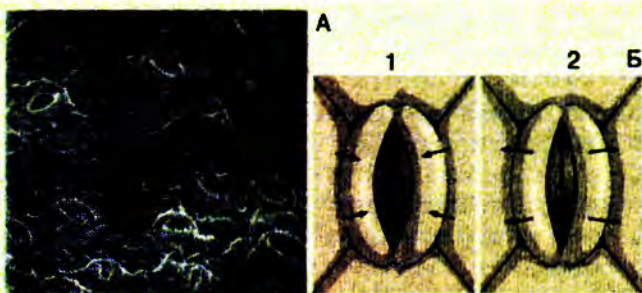
Епідерма (шкірка) складається з одного чи кількох шарів прозорих живих клітин, які щільно прилягають одна до одної, тому міжклітинники практично відсутні (мал. 41.2). Більшу частину об'єму цих клітин охоплює вакуоля з клітинним соком, а цитопlasма має вигляд тонкого пристінкового шару, в якому міститься ядро. Клітини шкірки зазвичай безбарвні. Виняток становлять деякі водні вищі рослини, папороті, що зростають у затінку, та продихові клітини, що містять хлоропласти. Іноді клітини шкірки забарвлені в синій чи фіалковий кольори, завдяки наявності відпо-



Мал. 41.1. Верхівкова меристема на верхівці пагона (1) і кореня (2)



Мал. 41.2. Шкірка (епідерма): А – покривні клітини (1); шар воскоподібної речовини (2)



Мал. 41.3. Будова (А) та схема будови (Б) продихів. Коли вода заходить у продихові клітини, тиск у них зростає та продихова щілина відкривається (1). Коли вода залишає продихові клітини, тиск у них падає і щілина закривається (2)

відних пігментів у клітинному соку. Зовнішні стінки цих клітин помітно товстіші від внутрішніх та часто просякнуті мінеральними речовинами (наприклад, у хвощів відкладається SiO_2). Шкірка вкриває всі органи однорічних і молоді пагони багаторічних деревних рослин протягом одного вегетаційного періоду, а її клітини певний час зберігають здатність до поділу.

Зверху епідерма зазвичай вкрита продуктом секреції своїх клітин – особливим шаром воскоподібної речовини, який запобігає випаровуванню води. Найкраще цей шар розвинений у рослин посушливих місцевостей, наприклад у деяких пальм його товщина може сягати 5 мм. Цікаво, що таким рослинам найлегше виживати у великих містах. Товстий шар кутикули захищає їх від впливу забрудненого повітря.

Попарно розташовані бобоподібні **продихові клітини** містять хлоропласти, оточують продихові щілини та регулюють їхнє розкриття чи закриття (мал. 41.3). Через продихи рослина здійснює газообмін. Стінки продихових клітин навколо продихової щілини товщі від тих, що обернені до сусідніх клітин. Коли тиск цитоплазми на стінки зростає, зовнішні стінки клітини розтягуються, а внутрішні – вгинаються, і щілина розширюється. Коли тиск падає, продихова щілина закривається, що запобігає випаровуванню води. Вдень, коли у клітинах відбувається фотосинтез, внутрішньоклітинний тиск збільшується і продихова щілина відкривається, а вночі, коли фотосинтез припиняється, тиск падає і щілина закривається. Через продихи також відбувається транспірація. Продихи зазвичай розташовані з обох боків листка, але найбільше їх переважно на нижньому боці. Кількість продихів може сягати кількох сотень на 1 мм^2 .



Мал. 41.4. Залозисті волоски (фотографію зроблено за допомогою сканувального мікроскопа)

Особливими утворами шкірки листка є **водяні продихи** – комплекс клітин, що оточують щілину, через яку на поверхню виділяються краплини води. Це відбувається, коли повітря насичене вологою, і тому рослина не може випаровувати необхідну кількість води. Водяні продихи найчастіше розташовані по краях листків, вони притаманні зазвичай рослинам, що зростають у умовах вологого клімату.

На епідермі часто є одно- чи багатоклітинні волоски різноманітної будови, які становлять собою живі або відмерлі видовжені клітини. Одні з них захищають рослину від надлишкових витрат вологи, інші – від виїдання тваринами чи виконують секреторну функцію (залозисті волоски) (мал. 41.4).



Залозисті волоски кропиви жалкої просякнуті SiO_2 і містять заповнені мурашиною кислотою вакуолі. Загострена верхівка волоска може легко проникати у шкіру людини або тварин. Разом з нею до ранки потрапляє кислота, яка сильно подразнює шкіру. Здерев'янілі волосини – шипики, розташовані на шкірці малини, ожини та деяких інших рослин, захищають їх від виїдання тваринами. Мінеральне живлення здебільшого відбувається через кореневі волоски – вирости клітин шкірки висної зони кореня (мал. 41.5).

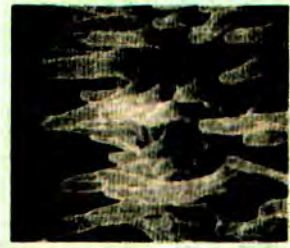
Корок заміщує епідерму деревних і багаторічних трав'янистих рослин. Особливий корковий камбій назовні утворює шари клітин, потовщені стінки яких просочені ліпідами і непроникні для газів та води, тому їхній вміст швидко відмирає. Так виникає шар корка. Усередину корковий камбій продукує живі клітини основної тканини. Клітини корка видовжені, щільно прилягають одна до одної та розташовані в багато шарів (мал. 41.6). Верхні шари корка з часом злущуються, тому корковий камбій протягом усього існування рослини утворює нові клітини.

На поверхні корка є **сочевички**, через які відбувається газообмін. Вони мають вигляд горбків із щільною посередині (мал. 41.6). Зовні нагадують насіння сочевиці, звідки й походить їхня назва.

• **Провідні тканини** забезпечують два потоки речовин: висхідний (розчини мінеральних солей, а також органічних речовин пересуваються від кореня до надземних частин рослини і далі) та низхідний (синтезовані в зелених пагонах органічні речовини надходять до інших органів). Ці потоки відбуваються у двох типах комплексної провідної тканини – ксилемі та флоемі. Крім провідних елементів (судини, трахеїди у ксилемі; ситоподібні трубки у флоемі), до складу комплексної тканини входять також клітини основної та механічної тканин.

Ксилема пронизує всі частини рослини й утворює єдину провідну систему. Вона складається з власне провідних елементів (відмерлих клітин – судин і трахеїд), а також живих супутніх клітин основної тканини (мал. 41.7, 1). Трахеїди – одноклітинні утвори веретеноподібної форми завдовжки від часток міліметра до 12 см (у лотоса), що мають у своїх оболонках пори (мал. 41.7, 2).

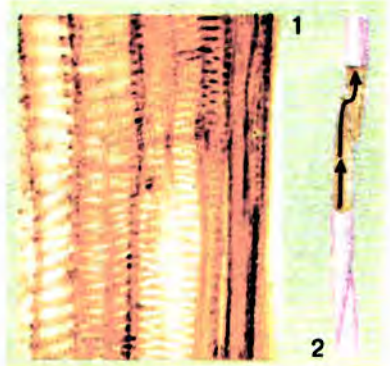
Стінки видовжених клітин судин просочені жироподібною речовиною. Вони розташовані послідовно одна за одною; поперечні стінки між ними мають великі отвори або взагалі відсутні. Середня довжина окремої



Мал. 41.5. Кореневі волоски

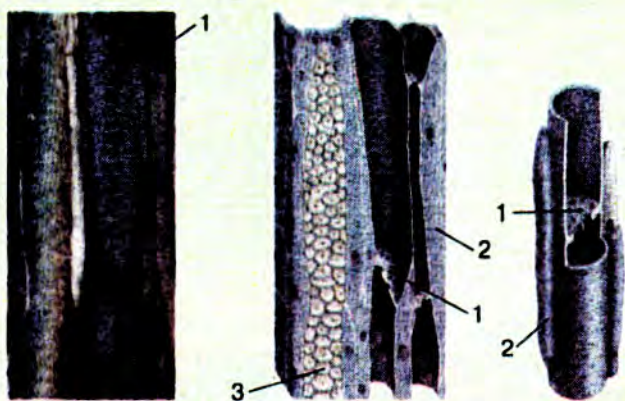


Мал. 41.6. Корок із сочевичкою (1)



Мал. 41.7. Судини (1) і трахеїди (2)



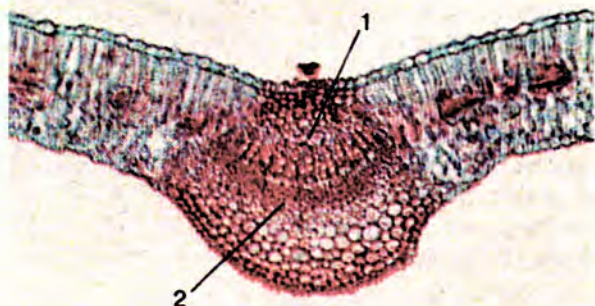


Мал. 41.8. Флоема:
1 – ситоподібні пластинки (через їхні отвори сполучається цитоплазма двох сусідніх клітин); 2 – клітини-супутниці; 3 – клітини основної тканини, які оточують ситоподібні трубки

судини складає приблизно 10 см, але інколи може сягати кількох метрів (наприклад, у дуба – до 2 м), діаметр – близько 0,5 мм. Стінки судин і трахеїд мають потовщення різноманітної форми (у вигляді кілець, спіралей, суцільних нашарувань з порами тощо), які перешкоджають злипанню.

Елементи ксилеми водночас виконують опорну функцію завдяки потовщеним твердим стінкам. Так, у стеблах дерев'янистих рослин розташовані ближче до серцевини судини можуть закупорюватися жироподібною речовиною, втрачаючи провідну функцію, але посилюючи опорну. Навесні по ксилемі до пагонів надходять не лише розчини мінеральних солей з ґрунту, а й цукри, що утворюються внаслідок гідролізу крохмалю в запасуючих тканинах коренів і стебел. Вони слугують для росту листків до початку фотосинтезу.

Флоема, як і ксилема, є комплексною тканиною. Крім провідних елементів, до її складу входять клітини основної та механічної тканини. Провідні елементи флоєми складаються із **ситоподібних трубок** – живих видовжених позбавлених ядер клітин (мал. 41.8). Вони послідовно з'єднані між собою поперечними ділянками стінок – ситоподібними пластинками, що мають велику кількість пор, чим нагадують сито. Через отвори пластинок сполучається цитоплазма сусідніх клітин і здійснюється низхідний потік розчинів органічних речовин. Стінки клітин потовщені, але не дерев'яніють. Поряд із ситоподібними трубками розташовані клітини-



Мал. 41.9. Будова судинно-волокнистого пучка (жилка листка):
1 – ксилема; 2 – флоема

супутниці з ядрами. Через пори цих клітин у цитоплазму ситоподібних трубок надходять речовини, які прискорюють пересування органічних сполук.

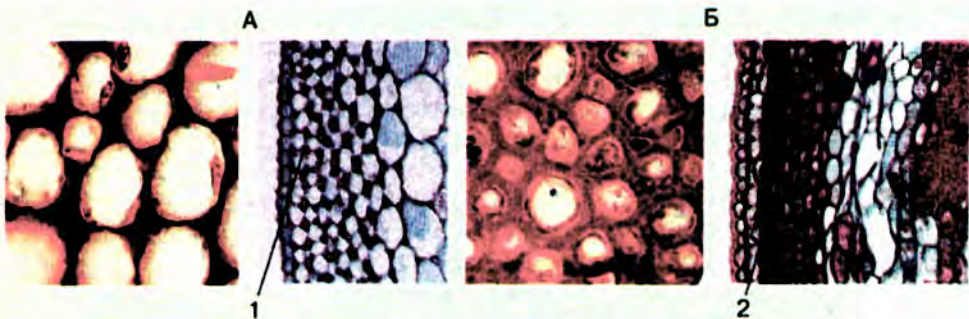
Судини, трахеїди та ситоподібні трубки разом з механічними та основними тканинами утворюють **судинно-волокнисті пучки**, наприклад жилки листків (мал. 41.9). Їх поділяють на закриті й відкриті. Закриті судинно-волокнисті пучки, на відміну від відкритих, позбавлені камбію і тому нездатні потовщуватись. Закриті пучки притаманні однодольним, відкриті – голонасінним і дводольним рослинам. Провідну функцію виконують також клітини основної тканини, які слугують для транспорту речовин між тканинами (наприклад, серцевинні промені забезпечують переміщення речовин у горизонтальному напрямку між різними шарами стебла: корою, камбієм, деревиною та серцевиною).

Молочники – система видовжених клітин, по яких рухається сік молочного білого (кульбаба, різні молочаї тощо) чи жовтогарячого (чистотіл) кольорів, що має назву **латекс**. Це суміш рідин, у якій, окрім водного розчину цукрів, білків і мінеральних речовин, є краплі ліпідів та інших гідрофобних сполук. З латексу отримують каучук.

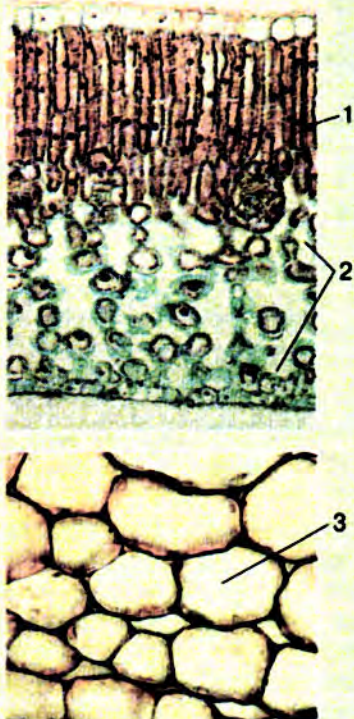
• **Механічні тканини** виконують опорні функції: надають рослині пружності та міцності, підтримують її частини в певному положенні. Вони складаються із живих або відмерлих клітин. Часто клітини цієї тканини видовжені і мають вигляд волокон (льон, коноплі тощо), але в листках або плодах їхня форма може бути іншою.

Живі клітини механічної тканини (мал. 41.10, 1) мають нерівномірно потовщені стінки. Вони зазвичай розташовані під покривною тканиною і входять здебільшого до складу кори молодих пагонів переважно дводольних рослин.

Відмерлі клітини механічної тканини (мал. 41.10, 2) бувають двох типів. Одні з них мають вигляд видовжених клітин – волоконця до 40 мм (льон) і більше завдовжки. Оболонки цих клітин рівномірно потовщені і зазвичай здерев'янілі. У стеблі ці клітини розташовуються у вигляді окремих пучків або ж утворюють суцільний циліндр, який на поперечному зрізі має вигляд кільця. Клітини іншого типу – округлі або паличкоподібні. Вони часто трапляються у плодах (наприклад, кам'янисті



Мал. 41.10. Різновиди механічної тканини. А. Тканина, що складається із живих клітин (1). Б. Тканина, що складається з мертвих клітин (2)



Мал. 41.11. Різновиди основної тканини: 1 – хлорофілоносна; 2 – повітряносна; 3 – запасуюча

(мал. 41.11, 2). Найкраще вона розвинена у рослин, які мешкають у середовищі з низьким умістом кисню (водні та болотяні рослини), а також у коренях видів, що поширені на ущільнених ґрунтах. Ця заповнена газом тканина дає змогу водним рослинам або їхнім частинам утримуватися на поверхні або в товщі води.

Окремі клітини основної тканини виконують секреторну функцію, синтезуючи смоли, ефірні олії тощо і виділяючи їх назовні.

Екскреція в рослин має певні особливості порівняно з тваринами. Продукти обміну речовин зазвичай накопичуються в певних клітинах. У такий спосіб вони вилучаються з обміну речовин. Назовні частина екскреторних сполук потрапляє через окремі видільні клітини або залози (нектарники тощо). Часто продукти обміну мають певне значення для життєдіяльності самого організму. Видільну функцію виконують видозміни епідерми – багатоклітинні залозисті волоски або пластинки різноманітної будови. Усередині рослин в основній тканині є особливі залозисті клітини, в яких утворюються певні речовини (переважно ефірні олії, бальзами та смоли), а також міжклітинні порожнини, де накопичуються секрети, та система видільних ходів, якими вони виводяться назовні. Ці ходи пронизують стебла і частково листки в різних напрямках і мають оболонку, яка складається з кількох шарів відмерлих і живих клітин.

клітини, що утворюють оболонку кісточки у вишні, сливи тощо).

• **Основні тканини** складаються із живих клітин, що мають тонкі стінки. Між клітинами зазвичай є великі міжклітинники. Ці тканини розташовані між іншими тканинами, зокрема механічними та провідними, та складають основну масу рослин. Залежно від особливостей будови та функцій розрізняють такі види основної тканини.

Хлорофілоносна, або асиміляційна, основна тканина побудована клітинами, які містять хлоропласти (мал. 41.11, 1). Вона розміщена в зелених частинах (переважно в листках) під покривною тканиною. В її клітинах здійснюється фотосинтез.

Запасуюча основна тканина (мал. 41.11, 3) міститься в усіх частинах рослини, утворюючи інколи окремі шари (наприклад, серцевина стебел). В її клітинах розташовані лейкопласти, інколи – хромопласти (оцвітина квіток, оплодень). Головна її функція – накопичення запасних поживних речовин (крохмалю та ін.), а в рослин посушливих місцевостей – ще й води (кактуси, агаві тощо).

Повітряносна основна тканина слугує для газообміну і має міжклітинники



Нектарники розташовані у квітці чи на різних частинах пагонів. Вони складаються з клітин основної тканини, які утворюють нектар; протоки, якими секрет виходить назовні; покривних клітин, що оточують протоку та надають нектарнику різних форм (ямкоподібної, горбоподібної, ріжкоподібної тощо).

Нектар – водний розчин глюкози та фруктози, концентрація яких становить від 3 до 72 %, з домішками ароматичних речовин. Він приваблює запилювачів – комах і птахів – солодким смаком та запахом.

Ключові терміни та поняття. *Меристема, епідерма, ксилема, флоема.*

- ▶ Тканини рослин поділяють на твірні, покривні, провідні, механічні та основні.
- ▶ Твірні тканини (меристема) складаються з дрібних, щільно прилеглих одна до одної клітин. Клітини твірних тканин здатні до постійного чи періодичного поділу та росту, який можливий завдяки тоненькій розтяжній оболонці; при дозріванні вони перетворюються на клітини різних тканин – диференціюються.
- ▶ За місцем розташування виділяють верхівкову, вставну та бічну меристему, за особливостями розвитку – первинну та вторинну меристему.
- ▶ Покривні тканини розташовані на поверхні органів і відмежовують їх від зовнішнього середовища. Вони захищають організм від впливів несприятливих зовнішніх чинників, здійснюють його взаємозв'язок з довкіллям, регулюють процеси газообміну та випаровування води (транспірації). Розрізняють первинну (епідерма, або шкірка) та вторинні (корок) покривні тканини.
- ▶ Епідерма (шкірка) складається з одного чи кількох шарів прозорих живих клітин, які щільно прилягають одна до одної, тому міжклітинники відсутні. Зверху епідерма звичайно вкрита особливим шаром із жироподібних сполук, який запобігає випаровуванню води через її поверхню, – кутикулою. В епідермі розміщені продири, які регулюють газообмін.
- ▶ Провідні комплексні тканини (ксилема та флоема) забезпечують висхідний (розчини мінеральних солей, а також органічних речовин пересуваються від кореня до надземних частин рослини і далі) та низхідний (синтезовані в зелених пагонах органічні речовини надходять до інших органів) потоки речовин.
- ▶ Судини, трахеїди та ситоподібні трубки разом з механічними та основними тканинами утворюють судинно-волокнисті пучки, наприклад жилки листків.
- ▶ Механічні тканини виконують опорні функції: надають рослині пружності та міцності, підтримують її частини в певному положенні. До них належать живі та мертві клітини (волокна) з потовщеними стінками.

*Коротко
про
головне*



Коротко
про
головне

- Основні тканини утворені живими клітинами з тонкими стінками та великими міжклітинниками. Вони розташовані між іншими тканинами.
- Залежно від особливостей будови та функцій розрізняють різні види основної тканини, наприклад хлорофілоносну, або асимільційну, запасуючу, повітроносну. Окремі клітини основної тканини виконують секреторну функцію, синтезуючи смоли, ефірні олії тощо і виділяючи їх назовні.



Запитання для
самоконтролю

1. Які типи рослинних тканин ви знаєте? 2. Що таке твірні тканини? Які види меристем вам відомі? 3. Які функції здійснюють покривні тканини? Які існують види покривних тканин? 4. Що таке епідерма та корок? 5. Що таке продири та продири клітини? Які їхні функції? 6. Що таке корок і корковий камбій? 7. Які будова та функції провідних тканин? 8. Які будова та функції механічних тканин? 9. Які будова та функції основних тканин? 10. Які особливості екскреції та секреції у рослин?

- Поміркуйте.** 1. У яких умовах мешкають рослини, листки яких позбавлені продирих? 2. Яку роль відіграють пахучі та пластичні речовини (ефірні олії, бальзами, смоли) в житті рослин? Відповідь аргументуйте.

§42. ТКАНИНИ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН. ГІСТОТЕХНОЛОГІЯ



- Пригадайте:** що таке міжклітинна речовина? Що таке нервовий імпульс, рефлекс, фагоцитоз, регенерація? Які функції крові? Що таке замкнена та незамкнена кровоносні системи? Що таке нейрогормони та нейромедіатори? Що таке гомеостаз? Які основні напрями біотехнологічних досліджень?

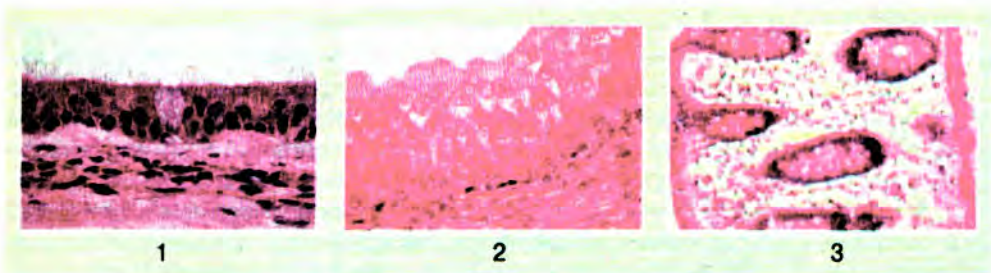
Сучасну класифікацію тканин тварин і людини затверджено 1987 року на Міжнародному анатомічному конгресі. Згідно з нею виділяють чотири основні типи тканин: епітеліальні, м'язові, нервові та внутрішнього середовища.

• **Епітеліальні тканини** вкривають тіло, вистеляють його порожнини та порожнини внутрішніх органів. Вони утворені одним або багатьма шарами клітин, що щільно прилягають одна до одної. Міжклітинна речовина в епітеліальних тканинах майже відсутня. Клітини полярні: їхня верхівкова частина відрізняється за будовою від основи та може мати війки (*війчастий епітелій*; мал. 42.1, 1). Покривний епітелій часто виділяє назовні щільну зовнішню оболонку – *кутикулу* (членистоногі, круглі черви та ін.). У молюсків і деяких інших тварин покривний епітелій виділяє назовні захисну черепашку з органічних та мінеральних сполук.

Клітини епітелію здебільшого розташовані на **базальній мембрані** – тонкому шарі міжклітинної речовини. В епітелії відсутні кровоносні судини, тому його клітини живляться за рахунок надходження через базальну мембрану поживних речовин від розташованих глибше тканин.

Розрізняють кілька видів епітеліальних тканин (мал. 42.1). **Покривний одношаровий епітелій** утворює шкірні покриви багатьох безхребетних





Мал. 42.1. Епітеліальні тканини: 1 – війчастий епітелій; 2 – покривний епітелій; 3 – залозистий епітелій

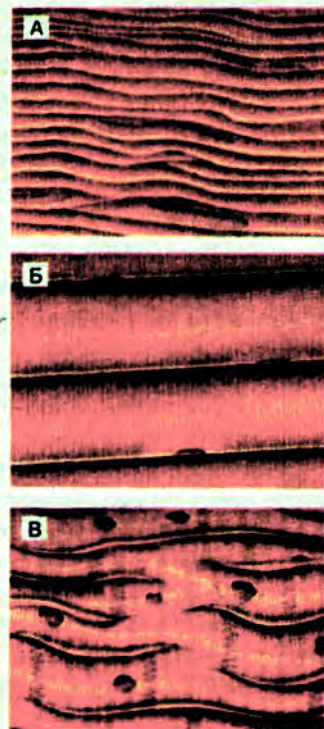
тварин, а також ланцетників. Окрім того, одношаровий епітелій вистеляє вторинну порожнину тіла, утворює внутрішні оболонки тонкого кишечника, кровоносних і лімфатичних судин та ін. Особливим різновидом одношарового епітелію є війчастий (мал. 42.1, 1), що вистеляє стінки дихальних шляхів. **Покривний багатшаровий епітелій** утворює верхній шар шкіри (*епідерміс*) хребетних тварин та вистеляє порожнину рота, утворює внутрішні оболонки стравоходу. Клітини його внутрішнього шару здатні до поділу, а зовнішнього – можуть роговіти, гинути і поступово злущуватись. Тоді на місцях відмерлих клітин опиняються клітини з розташованих глибше шарів, що зумовлює оновлення епітелію. У багатьох хребетних тварин зроговілі ділянки в певних частинах тіла утворюють структури, які виконують захисні та інші функції: луски плазунів, пір'я та дзьоб птахів, кігті, нігті, роги, копита ссавців тощо.

Клітини **залозистого епітелію** (мал. 42.1, 3) виділяють різні речовини і часто входять до складу залоз.

За формою клітин розрізняють **плаский, кубічний та циліндричний типи одношарового епітелію**.

Висока здатність епітеліальних тканин до самооновлення (регенерації) є однією з причин самозагоєння ран. Загалом епітеліальні тканини виконують розмежувальну, захисну, секреторну, газообмінну, екскреторну та всисну функції.

• **М'язові тканини** характеризуються здатністю до скорочення у відповідь на збудження – надходження нервового імпульсу (мал. 42.2). Вони входять до складу опорно-рухової системи та стінок більшості внутрішніх органів, забезпечують рухи (переміщення в просторі) всього тіла чи окремих його частин, а також певне фіксоване роз-



Мал. 42.2. Типи м'язових клітин: А. Непосмуговані м'язові клітини. Б. Скелетні посмуговані волокна. В. Серцеві посмуговані волокна



ташування в просторі – позу. Цим тканинам властива здатність до регенерації (за винятком серцевого м'яза). Їх поділяють на непосмуговані та посмуговані. М'язові клітини містять багато розташованих у певному порядку пучків *міофібрил* – ниток скоротливих білків (актину, міозину та ін.). Групи клітин зібрані в пучки, між якими розташована сполучна тканина з кровоносними та лімфатичними судинами та нервовими волокнами.

Непосмугована (гладенька) м'язова тканина побудована з клітин, які найчастіше мають веретеноподібну форму та одне ядро; входять до складу непосмугованих м'язів (мал. 42.2, А). Їхні клітини позбавлені посмугованості, а скорочення мимовільні та повільні. Клітини цієї тканини здатні до сильного розтягування і тривалий час можуть перебувати в стані скорочення. Непосмуговані м'язи – частина оболонок внутрішніх органів тварин. Мускулатура плоских і кільчастих червів, а також молюсків і деяких інших тварин утворена непосмугованими м'язами.

Посмугована (поперечносмугаста) м'язова тканина складається з багатоядерних видовжених великих волоконць (мал. 42.2, Б). Їхні клітини здаються посмугованими, бо в них правильно чергуються світлі та темні диски зі скоротливих білків актину та міозину, що мають різні коефіцієнти заломлення світла. Посмуговані м'язи здатні скорочуватися значно швидше, ніж непосмуговані. Розрізняють посмуговану скелетну та серцеву м'язову тканини.

Посмуговані скелетні м'язові волокна утворюють скелетні м'язи, які сухожилками з'єднані з елементами скелета (рідше – шкіри). Вони входять до складу опорно-рухової системи, це також м'язи язика, глотки, гортані, верхньої частини стравоходу, діафрагми. Окремі волокна та м'язи в цілому вкриті сполучнотканинними оболонками, що запобігають надмірному розтягуванню. Посмугована м'язова тканина розвинена в людини, хребетних тварин та членистоногих. У круглих червів (аскарида, гострик та ін.) м'язи побудовані з особливої *косопосмугованої м'язової тканини*, яка за своїми властивостями нагадує посмуговану. Скорочення скелетних м'язів людини перебувають під контролем кори великих півкуль, тобто відбуваються довільно.

Посмуговані серцеві м'язові волокна утворюють один із шарів стінок серця хребетних тварин – *міокард* і деякі ділянки великих за діаметром кровоносних судин (аорти, верхньої порожнистої вени та ін.) (мал. 42.2, В). За особливостями будови вони подібні до скелетних, але в певних місцях зрощені між собою. Така структура сприяє швидкому поширенню імпульсів, що виникають в особливих клітинах самого міокарда. Серцевому м'язу притаманні мимовільні скорочення, які не залежать від свідомості. Клітини серцевого м'яза мають назву *кардіоміоцити* (від грец. *кардіа* – серце, *міос* – м'яз та *цитос* – клітина). Вони розташовані між елементами волокнистої сполучної тканини і вкриті оболонкою, до складу якої, крім плазматичної мембрани, входить ще й базальна, що містить колагенові волокна. За особливостями будови кардіоміоцита можна поділити на три групи. Одні з них, які називають робочими, складають основу серцевого м'яза. Вони мають вигляд волоконць, що галузяться, і містять скоротливі нитки – міофібрили. Ці робочі кардіоміоцити утворюють міжклітинні контакти, об'єднуючись у серцеві м'язові волоконця.

Інша група кардіоміоцитів – *водії ритму* – забезпечують ритмічні скорочення серця. Ці клітини мають вигляд тонких волоконць, оточених



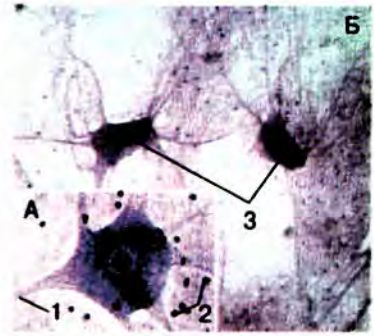
пухкою сполучною тканиною. У них періодично виникають нервові імпульси, які передаються до робочих кардіоміоцитів та викликають їхнє скорочення. Завдяки цьому серце здатне скорочуватись, навіть коли нервові імпульси не доходять до нього від центральної нервової системи. Частина кардіоміоцитів характеризується секреторною активністю. Вони виділяють гормон, який регулює артеріальний тиск. Характерною рисою серцевого м'яза є те, що він, на відміну від скелетних, іннервується лише вегетативною нервовою системою.

Видозмінені посмуговані м'язові волокна складають основу *електричних органів* (відомі в понад 300 видів риб: електричних скатів, вугрів, сомиків та ін.). Зокрема, в електричних скатів ці органи розташовані між грудними плавцями. Електричні розряди, потужність яких може сягати понад 200 вольтів, слугують для полювання та захисту від ворогів.

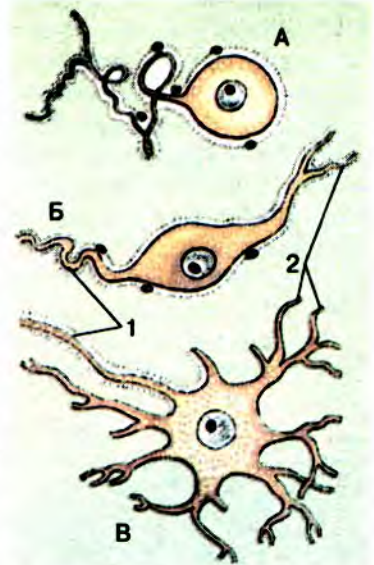
• **Нервова тканина** здатна до збудження під впливом певних чинників та його проведення в організмі. У ній виникають *нервові імпульси*, що мають електричну природу: вони переміщуються по певних нервових волокнах у протилежних напрямках – від рецепторів до центральної нервової системи і від центральної нервової системи до робочих органів. Ця тканина складається з нервових (нейронів) та допоміжних клітин (мал. 42.3). Сукупність допоміжних клітин утворює *нейроглію*.

Нейрон – клітина, що становить собою структурно-функціональну одиницю нервової системи. Нейрони здатні сприймати подразнення, перетворювати їх у нервові імпульси та проводити їх до клітин інших типів тканин. У дозрілому стані нейрони нездатні до поділу. Як ви пам'ятаєте з курсу біології 9-го класу, нейрон складається з тіла та відростків (аксонів та дендритів). У тілі розташовані ядро та інші органели. **Аксон** – видовжений (до 1 м завдовжки) та розгалужений на кінці відросток, по якому імпульси прямують від тіла нейрона до інших клітин. **Дендрит** – здебільшого короткий, сильно розгалужений відросток, по якому збудження проводиться від рецепторів або інших нейронів до тіла нервової клітини.

Нейрони зазвичай мають один аксон та один чи кілька дендритів. За кількістю від-



Мал. 42.3. Нервова тканина: А – нейрон з аксоном (1) та дендритами (2); Б – нервова тканина, до складу якої входять нейрони (3)



Мал. 42.4. Типи нейронів: А – уніполярний нейрон, відросток якого розгалужується на чутливий та руховий; Б – біполярний нейрон; В – мультиполярний нейрон; 1 – аксон, 2 – дендрити

ростків, що відходять від тіла клітини, розрізняють **уніполярні** (мають один відросток, який після виходу з тіла клітини поділяється на аксон і дендрит), характерні для безхребетних тварин, **біполярні** (мають по одному аксону та дендриту) та **мультиполярні** (є один аксон і багато дендритів) нейрони (мал. 42.4). Крім проведення нервового збудження, деякі нейрони можуть виробляти нейрогормони та нейромедіатори. Перші виконують в організмі такі самі функції, що й секрети ендокринних залоз – гормони. Другі (ацетилхолін тощо) забезпечують передачу нервових імпульсів між окремими нейронами або між нейронами та м'язовими клітинами, а також між нейронами та робочими органами.

За характером функцій нейрони поділяють на чутливі, вставні та рухові. **Чутливі (сенсорні) нейрони** сприймають подразники зовнішнього та внутрішнього середовища. **Вставні (асоціативні) нейрони** здійснюють зв'язки між окремими нейронами, а **рухові** – передають сигнали до робочих органів. У нервовій тканині розрізняють **сіру речовину**, яка складається з тіл нейронів і коротких дендритів, та **білу**, побудовану з відростків нейронів, вкритих мієліновою оболонкою, – **нерви**.

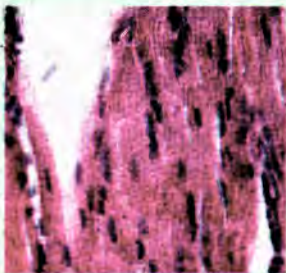
На відміну від нейронів, дозрілі клітини нейроглії здатні до поділу. Вони заповнюють проміжки між нейронами, постачають їм поживні речовини, утворюють електроізолюючі оболонки навколо відростків нервових клітин, синтезують деякі біологічно активні речовини, необхідні для функціонування нервової системи.

• **Тканини внутрішнього середовища** виконують різноманітні функції: підтримання гомеостазу, захисну, розподільну, транспортну, опорну, запасаючу, відновлення ушкоджених частин тощо. Вони складаються з клітин і добре розвиненої міжклітинної речовини, що має різну будову. Ці тканини створюють внутрішнє середовище організму, звідки й походить їхня назва. Їх поділяють на сполучні, скелетні та рідкі (кров тощо).

Сполучні тканини мають кілька різновидів (мал. 42.5). **Волокниста**, або **власне сполучна, тканина** включає клітини, волокна різної будови та аморфну (безструктурну) основну речовину, що їх оточує. Волокна надають міцності та пружності органам. Наприклад, вони входять до складу стінок кровоносних судин і не дають їм змоги надмірно розтягуватися, забезпечують еластичність шкіри та ін. Залежно від співвідношення волокон та аморфної основної речовини розрізняють пухку та щільну тканини.

Пухка сполучна тканина присутня в багатьох органах, зокрема утворює шар так званої підшкірної клітковини. Вона складається з великої кількості основної речовини, в якій містяться волокна та клітини кількох типів. Деякі з них (**макрофаги**) здатні захоплювати мікроорганізми та інші частинки шляхом фагоцитозу. **Фібробласти** синтезують білки міжклітинної речовини (**колаген**, **еластин** та ін.), беруть участь у загоєнні ран, утворенні сполучнотканинних капсул навколо чужорідних тіл (наприклад, паразитичних організмів) тощо.

Щільна сполучна тканина містить велику кількість щільно розташованих волокон і небагато основної речовини та клітин. Її поділяють на неоформлену та оформлену. Волокна **неоформ-**



Мал. 42.5. Сполучна тканина



леної тканини розташовані безладно. Вона входить до складу власне шкіри (дерми) та окістя. Волокна **оформленої тканини** утворюють паралельні пучки. Із цієї тканини складено зв'язки та сухожилки.

Сполучні тканини зі спеціальними властивостями – це ембріональна, жирова та ретикулярна. **Ембріональна тканина** під час індивідуального розвитку дає початок клітинам усіх типів сполучних тканин. Її клітини зірчастої або веретеноподібної форми мають відростки, які, переплітаючись, утворюють сітку.

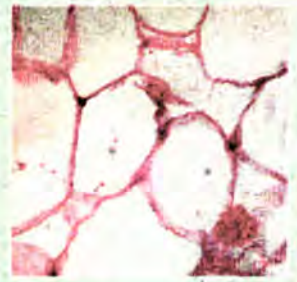
Жирова тканина присутня в багатьох органах (мал. 42.6). Основні її функції – накопичення запасів поживних речовин (наприклад, жирове тіло членистоногих, підшкірні відклади жиру в людини, ссавців та птахів) і теплоізоляція. Розміщуючись під шкірою та навколо внутрішніх органів, ця тканина забезпечує їхній механічний захист. Розрізняють білу та буру жирові тканини. **Біла жирова тканина** бере участь у поглинанні з крові, синтезі та зберіганні ліпідів. **Бура жирова тканина** слугує для терморегуляції.

Ретикулярна тканина утворює основу кровотворних органів, розташована в печінці, селезінці та ін. органах, входить до складу слизових оболонок кишечника, деяких лімфатичних вузлів тощо (мал. 42.7). Складається з волокон і клітин – фібробластів, які утворюють сітку, а також стовбурових клітин. У кровотворних органах ретикулярна тканина створює оточення для клітин крові, що розвиваються.

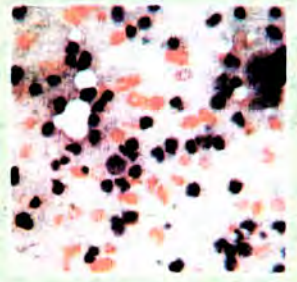
Кров і лімфа складаються з рідкої міжклітинної речовини (**плазма**), у якій розташовані окремі клітини (**формені елементи**; у крові – це **еритроцити**, **тромбоцити** та **лейкоцити**) (мал. 42.8). Основні функції цих тканин полягають у підтриманні гомеостазу, транспорті поживних сполук, гормонів та інших біологічно активних речовин, продуктів обміну, газів, забезпеченні імунітету. Збагачена киснем кров має назву **артеріальна**, а вуглекислим газом – **венозна**.

Еритроцити здійснюють транспорт газів. Вони містять дихальний пігмент гемоглобін, який надає їм червоного кольору і може вступати в нестійкі сполуки з O_2 та CO_2 . Дозрілі еритроцити більшості ссавців позбавлені ядра. У членистоногих, молюсків і деяких інших безхребетних тварин різноманітні (червоні, рожеві, блакитні та ін.) дихальні пігменти розчинені у плазмі.

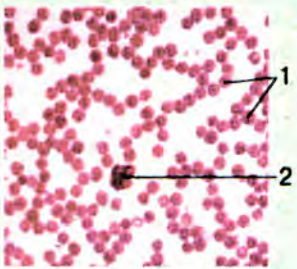
Лейкоцити мають ядра та виконують захисні функції, спричиняючи імунні реакції. Різнови-



Мал. 42.6. Жирова тканина

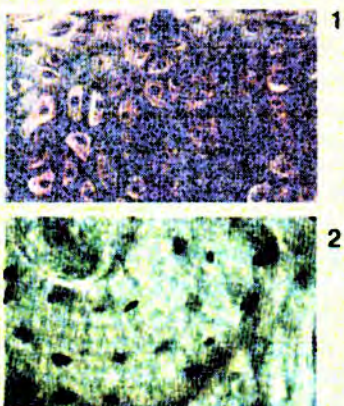


Мал. 42.7. Ретикулярна тканина



Мал. 42.8. Кров: 1 – еритроцити; 2 – лейкоцит





Мал. 42.9. Скелетні тканини:
1 – хрящова; 2 – кісткова

клітинної речовини та входять до складу опорно-рухового апарату.

Хрящова тканина складається з клітин та органічної основної речовини, яка визначає її міцність та пружність (мал. 42.9, 1). У зародків більшості хребетних тварин скелет утворений хрящовою тканиною. У дорослих особин більшості видів хребетних тварин і людини хрящі присутні в ребрах, суглобах, сухожилках, зв'язках, стінках повітроносних шляхів тощо. Вони забезпечують рухомі (в суглобах) та напіврухомі з'єднання кісток, перешкоджають злипанню повітроносних шляхів, забезпечують відновлення кісток при переломах тощо. З хрящів повністю складається скелет деяких дорослих риб (акули та скати).

Кісткова тканина має високий вміст неорганічних солей, що надає їй особливої міцності (мал. 42.9, 2). У міжклітинній речовині містяться карбонати та фосфати Кальцію, а також особливі білки (колагенові та ін.). Твірні та руйнівні клітини забезпечують заміщення хрящової тканини кістковою, перебудову та регенерацію кісток. Твірні клітини виділяють міжклітинну речовину, а руйнівні – за допомогою ферментів здатні розкладати хрящову та кісткову тканини. Розрізняють губчасту та компактну кісткову тканини.

Губчаста речовина розташована всередині кісток і складається з переплетених кісткових пластинок, зорієнтованих у напрямках сил стискання або розтягнення. Вона має вигляд губчастої маси, звідки й назва. Проміжки між кістковими пластинками заповнені червоним кістковим мозком.

Компактна речовина утворює зовнішні частини кісток; вона має вигляд суцільної маси з окремими порожнинами всередині, де розміщені клітини. Основною її структурною одиницею слугує **остеон** – сукупність концентрично розташованих кісткових пластинок (від 4 до 20). У центрі остеона проходить канал, заповнений сполучною тканиною, в якій розташовані кровоносні судини і нервові волокна.

• **Гістотехнологія** – напрямок досліджень у галузі біотехнології, що розробляє методики тривалого зберігання (консервації) тканин поза організмом і виготовлення тканинних і клітинних препаратів для наступного вивчення та практичного застосування. Наприклад, проби тканин заморожують, а потім із застосуванням різних методів мікроскопічної техніки

ди лейкоцитів (**лімфоцити**, **моноцити** тощо) відрізняються за розмірами, особливостями будови та функцій, тривалістю життя. Одні з них (наприклад, макрофаги) шляхом фагоцитозу захоплюють і перетравлюють сторонні тілця (бактерії, тверді частки тощо), забезпечуючи **клітинний імунітет**. Інші (наприклад, Т-лімфоцити) здатні виробляти особливі захисні сполуки – антитіла, забезпечуючи **гуморальний імунітет**.

Тромбоцити беруть участь у зсіданні крові хребетних. Це позбавлені ядер частки велетенських клітин червоного кісткового мозку.

• **Скелетні тканини** хребетних тварин характеризуються пружністю (хрящова тканина) і міцністю (кісткова тканина) між-





розрізають на тоненькі платівки, зневоднюють, забарвлюють різними сполуками тощо. Гістотехнологічні методи дають змогу вчасно встановити наявність хворобливих (патологічних) змін у тканинах, які свідчать про розвиток певного захворювання, зокрема злоякісних («ракових») пухлин. В Україні будь-яке хірургічне втручання, а також відключення свідомості хворого або знеболювання під дією певних сполук (*анестезія*) здійснюють з урахуванням результатів попереднього аналізу стану структури і життєдіяльності його тканин, органів та їхніх систем.

Перед сучасною гістотехнологією відкриваються широкі перспективи, пов'язані з вилученням стовбурових клітин з організму та вирощуванням їх на штучних поживних середовищах. Як вихідний матеріал використовують, наприклад, клітини пупкового канатика, що сполучає зародок з організмом матері. Учені різних країн розробляють методики, які б давали змогу з культур стовбурових клітин вирощувати цілісні органи, якими можна було б замінити хворі або ушкоджені.

Ключові терміни та поняття. Ретикулярна тканина, остеон, гістотехнології.

- В організмі тварин і людини виділяють чотири основні типи тканин: епітеліальні, м'язові, нервові та внутрішнього середовища.
- Епітеліальні тканини вкривають тіло, вистеляють його порожнини та порожнини внутрішніх органів.
- М'язова тканина здатна до скорочень у відповідь на подразнення, зокрема на нервовий імпульс. Залежно від будови та особливостей функціонування розрізняють непосмуговану (гладеньку) та посмуговану (поперечносмугасту) м'язові тканини.
- Нервова тканина здатна до збудження у відповідь на дію подразника та його проведення в організмі. Вона складається з нервових (нейронів) і допоміжних (нейроглії) клітин.
- Тканини внутрішнього середовища виконують різноманітні функції: підтримання гомеостазу, захисну, розподільну, транспортну, опорну, запасуючу, відновлення ушкоджених органів тощо. Вони складаються з клітин і добре розвиненої міжклітинної речовини, що має різну будову. Їх поділяють на сполучні, скелетні та рідкі (кров тощо).
- Гістотехнологія – напрям досліджень у галузі біотехнології, що розробляє методики тривалого зберігання (консервації) тканин поза організмом і виготовлення тканинних і клітинних препаратів для наступного вивчення та практичного застосування.

Коротко
про
головне



Запитання для
самоконтролю

1. Які типи тканин розрізняють у багатоклітинних тварин? 2. Що становлять собою епітеліальні тканини? Які їхні різновиди за будовою та функціями вам відомі? 3. Які особливості будови та функції м'язових тканин? Які види м'язової тканини вам відомі? 4. Які властивості та будова нервової тканини? 5. Що становлять собою тканини внутрішнього середовища? Які види цих тканин вам відомі? 6. Що таке гістотехнологія?

Поміркуйте.

1. Чому електричні органи риб утворені саме посмуговою м'язовою тканиною? 2. Чому перед будь-яким хірургічним втручанням необхідно вивчити результати гістологічної експертизи?



§43. ОРГАНИ ТА СИСТЕМИ ОРГАНІВ

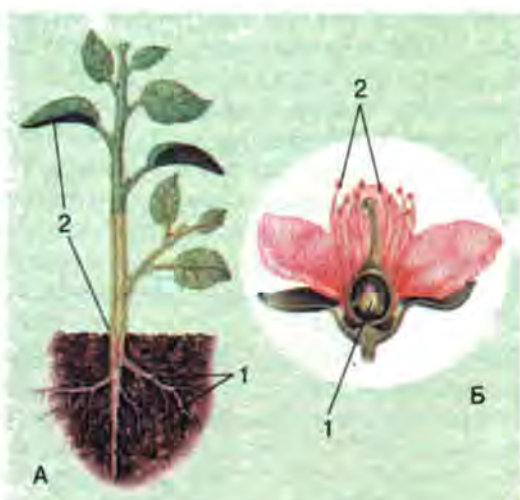


Пригадайте: що таке вегетативні, репродуктивні та генеративні органи? Які системи органів є у тварин?

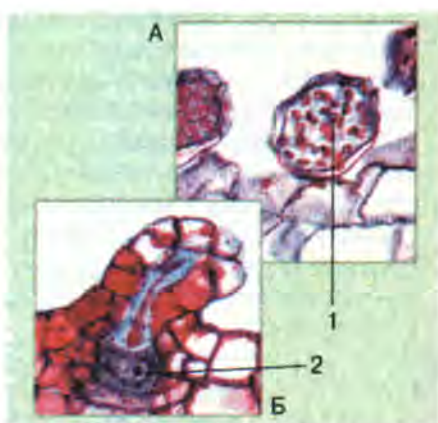
• **Органи вищих рослин.** Як ви пригадуєте, органи вищих рослин поділяють на вегетативні та репродуктивні (мал. 43.1). Вегетативні органи (*пагін* і *корінь*) виконують функції забезпечення різноманітних процесів життєдіяльності: живлення, виділення продуктів обміну, газообміну тощо. Проте вони не утворюють спеціалізованих клітин, які б забезпечували статеве чи нестатеве розмноження. Але слід зазначити, що часто рослина може розмножуватися за рахунок вегетативних органів або їхніх видозмін, тобто багатоклітинних утворів. Наприклад, за допомогою видозмінених пагонів, таких як вуса, бульби, цибулини, кореневища.

Підземний вегетативний орган вищих рослин має назву *корінь*. Він зазвичай розташований у ґрунті та закріплює рослину в ньому, забезпечує поглинання розчинів поживних речовин і транспортує їх до надземних частин. У мохів корінь відсутній, а його функцію виконують *ризиди* – нитчасті вирости, утворені послідовним рядом клітин. Надземний орган вищих рослин – *пагін*, він складається з осової частини (*стебла*) та бічних (*листіків*). Видозміни пагонів можуть розміщуватися під землею: кореневища, стеблові бульби, цибулини, бульбоцибулини. Стебло забезпечує зв'язки між різними частинами рослини, воно утворює бруньки, з яких розвиваються нові пагони. Основними ж функціями листків є фотосинтез, дихання та випаровування води.

У рослин одні репродуктивні органи забезпечують нестатеве розмноження (за допомогою спор), інші – статеве (генеративні). Генеративні органи вищих спорових рослин (мохів, папоротей, хвощів і плаунів) (мал. 43.2)



Мал. 43.1. Органи рослин: А. Вегетативні: 1 – корінь; 2 – пагін. Б. Репродуктивний: квітка – орган, який забезпечує наслідне розмноження: 1 – маточка; 2 – тичинки



Мал. 43.2. Репродуктивні органи, які забезпечують статеве розмноження вищих спорових рослин: А – чоловічі статеві органи (антеридії), в яких утворюються сперматозоїди (1); Б – жіночий статевий орган з яйцеклітиною (архегоній) (2)





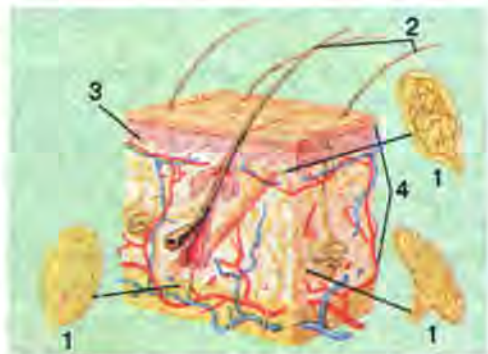
утворюються на особинах статевого покоління – **гаметофітах**. Є рослини, в яких чоловічі та жіночі статеві органи розміщені на одній особині (наприклад, щитник чоловічий), в інших – на різних (зозулин льон та ін.).

Після злиття чоловічої та жіночої статевих клітин утворюється зигота. Із зиготи розвивається особина нестатевого покоління (**спорофіт**). На спорофіті розвиваються органи нестатевого розмноження – спорангії, які часто зібрані у групи (**спороносні колоски** та ін.). У спорангіях розвиваються спори, а зі спори – особина статевого покоління. Таким чином, цим рослинам притаманний складний життєвий цикл із чергуванням статевого та нестатевого поколінь. У мохів спорофіт утворюється на зеленому гаметофіті.

Якщо у вищих спорових рослин статеве й нестатеве покоління розвинені добре (у мохів переважає статеве покоління, у папоротей, плаунів та хвощів – нестатеве), то в насінних рослин (голонасінних і покритонасінних) статеве покоління (гаметофіт) значно редуковане. Чоловічий гаметофіт представлений клітинами пилкового зерна (як ви пригадуєте, у квіткових рослин перед заплідненням це вегетативна клітина та два спермії), а жіночий – сім'ю клітинами зародкового мішка (разом із зиготою та центральною клітиною, з якої розвивається зародкова тканина ендосперм; у її клітинах запасуються поживні речовини). У голонасінних рослин чоловічі та жіночі статеві органи зібрані на видозмінених генеративних пагонах – **шишках**. Генеративні органи покритонасінних рослин – це **квітки**. Вони містять маточки та тичинки, де формуються відповідно жіночі та чоловічі гамети (мал. 43.1). З різних частин квіток після запліднення формуються інші типи генеративних органів – насінини та плоди.

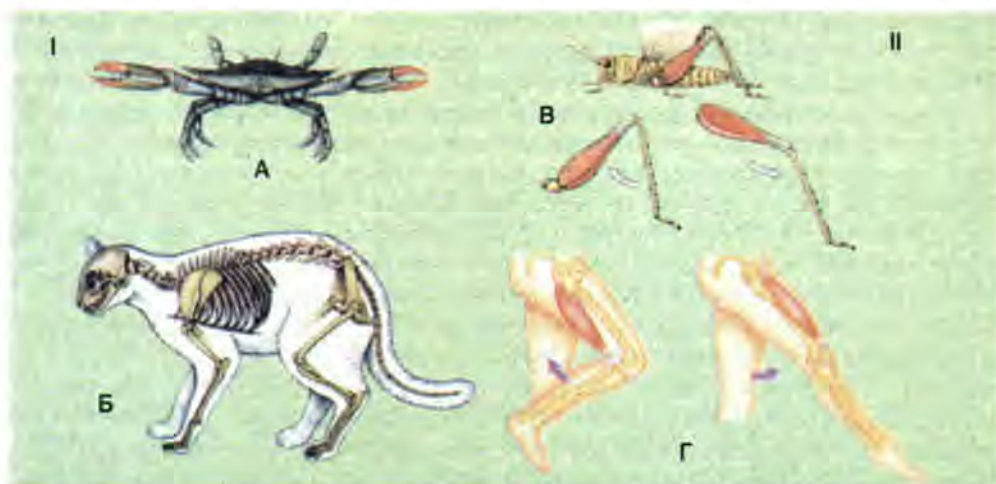
• Системи органів, притаманні багатоклітинним тваринам. **Шкіра** утворює покриви тіла, які захищають організм від шкідливих зовнішніх впливів (мал. 43.3). Вони також часто беруть участь у газообміні (наприклад, гола волога шкіра жаб). Основою шкіри є одношаровий (у більшості безхребетних тварин) або багатошаровий (у більшості хордових) епітелій, під яким може розташовуватися сполучна тканина. У шкірі може бути багато різних залоз та окремих секреторних клітин. Наприклад, у ссавців – потові (виконують терморегуляційну та екскреторну функції), молочні (змащують поверхню тіла), молочні (у самок для вигодовування дитинчат), пахучі (для відлякування ворогів чи приваблення особин протилежної статі). Функцію захисту від ворогів здійснюють і залозисті клітини, розміщені у шкірі таких земноводних, як саламандра та різних видів жаб і ропух. Вони виділяють отруйні речовини.

Зовні шкіра часто вкрита захисним шаром (кутикулою). Її формують клітини покривного епітелію. У членистоногих і круглих червів вона водночас слугує зовнішнім скелетом і захищає тіло від несприятливих впливів довкілля. Оскільки кутикула нерозтяжна, то ці тварини ростуть завдяки линянню:



Мал. 43.3. Шкіра ссавця: 1 – рецептори, розташовані у шкірі; 2 – волосини; 3 – епідерміс (багатошаровий покривний епітелій); 4 – дерма, або власне шкіра





Мал. 43.4. I. Скелет тварин: А – зовнішній скелет членистоногих, утворений кутикулою; Б – внутрішній скелет ссавців складається з кісток. II. Мускулатура кінцівок членистоногих (В) і ссавців (Г)

старий щільний покрив скидається і доки не затвердіє новий, розміри тварини швидко збільшуються.

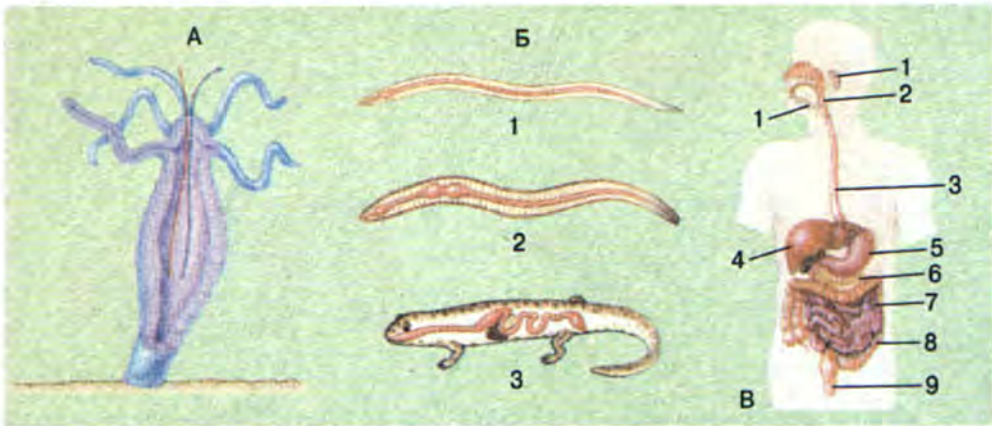
Скелет і прикріплені до нього м'язи складають опорно-рухову систему, завдяки якій тіло підтримується в певному положенні, а також здійснюються рухи окремих його частин і пересування у просторі. У членистоногих є зовнішній скелет з кутикули, до складу якої входить нітрогеновмісний полісахарид хітин. Він оточує тіло з усіх боків, а м'язи прикріплюються до нього зсередини (мал. 43.4, А). Зовнішній скелет надійно захищає тіло тварини ззовні, але, на відміну від внутрішнього скелета, обмежує їхні розміри. У хребетних тварин і людини скелет внутрішній, тобто розташований всередині тіла. До нього кріпляться скелетні м'язи (мал. 43.4, Б).

У кільчастих червів і деяких інших тварин, позбавлених твердого скелета, тіло вкрите шкірно-м'язовим мішком, що складається з епітелію та кількох судільних шарів м'язів. При скороченні ці шари м'язів діють як антагоністи: наприклад, поздовжні м'язи вкорочують, а кільцеві – видовжують тіло.

Механічні та хімічні перетворення речовин у складі їжі, всмоктування продуктів травлення у кров і лімфу, виведення назовні неперетравлених решток (дефекацію) забезпечують органи травної системи (мал. 43.5). У кишковопорожнинних і плоских червів анальний отвір відсутній, і неперетравлені тверді частинки їжі видаляються через ротовий отвір. Такий тип кишечника називають *замкненим*. Натомість у круглих та кільчастих червів, молосків, членистоногих, хребетних тварин кишечник *наскрізний* – він закінчується анальним отвором або отвором клоаки (мал. 43.5). Поява наскрізного кишечника сприяла інтенсифікації обміну речовин, адже одночасно з виведенням неперетравлених решток поглинаються нові порції їжі.

Окремі залозисті клітини та травні залози (слинні, підшлункова та ін.) продукують травні ферменти, які розщеплюють поживні речовини (високомолекулярні органічні сполуки) на їхні складові (амінокислоти, моносахариди, гліцерин і жирні кислоти, нуклеотиди), а також речовини,

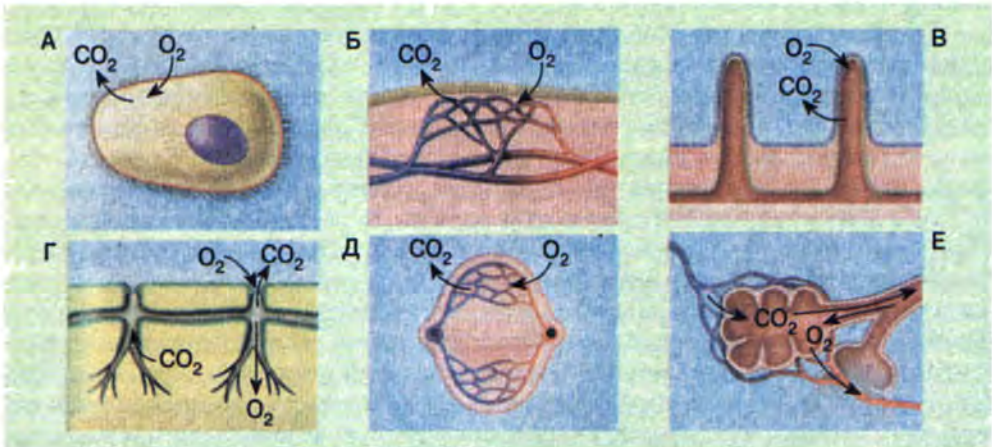




Мал. 43.5. Травна система тварин: А – замкнена кишкова порожнина гідри; Б – наскрізний кишечник круглого (1), кільчастого (2) черв'я і хребтної тварини (3). В – травна система людини: 1 – слинні залози; 2 – глотка; 3 – стравохід; 4 – печінка; 5 – шлунок; 6 – підшлункова залоза; 7 – тонкий кишечник; 8 – товстий кишечник; 9 – пряма кишка

які емульгують жири, тобто полегшують дію травних ферментів – ліпаз (наприклад, жовч – продукт секреції клітин печінки хребтних тварин). У багатьох тварин (хижі кліщі, павуки, личинки мух та ін.) відоме так зване *зовнішнє, або позакишкове, травлення*. Ці тварини вводять травні ферменти у складі травних соків у їжу, а через деякий час всмоктують рідкі частково перетравлені продукти.

Дихальна система забезпечує надходження кисню в організм і виведення з нього вуглекислого газу, що утворився в процесі окиснення різних



Мал. 43.6. Різні варіанти газообміну: А – в одноклітинних організмів через оболонку клітини; Б – в амфібій, кільчастих черв'ях крізь шкіру; В – у голкошкірих (морські зірки, морські їжаки) через вирости шкіри – шкірні зябра; Г – органи дихання комах – трахеї, в які повітря заходить через дихальця; Д – зябра риб дають змогу дихати киснем, розчиненим у воді; Е – у наземних хребтних тварин газообмін відбувається через стінки альвеол легень





Мал. 43.7. I. Циркуляція води через зябра риб. II. Легені земноводних мають комірчасту будову, диференційовані дихальні шляхи відсутні. III. Дихальна система людини включає диференційовані дихальні шляхи: 1 – носова порожнина; 2 – носоглотка; 3 – гортань; 4 – трахея; 5 – бронхи та губчасті легені, бронхи у легенях розгалужуються на дрібні каналці (6), які закінчуються альвеолами (7)

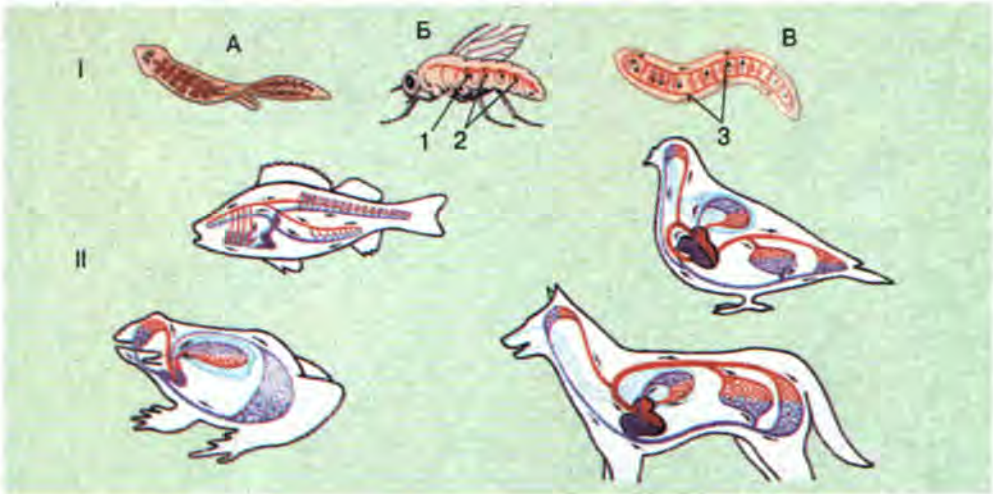
сполук (мал. 43.6). За допомогою *трахей* або *легень* тварини вбирають атмосферний кисень, чергуючи вдихання та видихання повітря (мал. 43.7). Водні тварини дихають розчиненим у воді киснем через *зябра* – вирости тіла з проникними для водних розчинів покриттями. У зябрах часто розгалужуються кровоносні судини, в яких циркулює кров або інша рідина.

Кровоносна і лімфатична системи слугують для транспорту поживних речовин, продуктів обміну, кисню та вуглекислого газу, біологічно активних речовин. Вони беруть участь у захисних реакціях проти шкідливих чинників (паразити, отрути тощо) та підтриманні сталості фізико-хімічних і фізіологічних показників внутрішнього середовища (гомеостазу) за змін, що відбуваються в довкіллі.

У хребетних тварин і людини кровоносна система *замкнена*, тобто кров рухається по судинах і не потрапляє в порожнину тіла (мал. 43.8). У них є *серце* – порожнистий мускулястий орган, який періодично скорочується та забезпечує рух крові по системі кровоносних судин. Судини, що несуть кров від серця, мають назву *артерій*, а ті, що постачають кров до нього, – *вени*. Артерії та вени сполучені судинами малого діаметра – *капілярами*. У капілярах артеріальна кров віддає кисень, перетворюючись на венозну. Частина плазми крові через стінки капілярів проходить у порожнину тіла, перетворюючись на тканинну (міжклітинну) рідину. Вона постачає кисень та поживні речовини, отримані з крові, в усі клітини та органи, забираючи від них продукти обміну. У свою чергу, тканинна рідина через стінки лімфатичних капілярів потрапляє всередину них, формуючи лімфу. По системі лімфатичних судин лімфа повертається до великих вен кровоносної системи. У кільчастих червів кровоносна система також замкнена, однак серце відсутнє, а спрямований рух крові здійснюється завдяки ритмічним скороченням м'язів стінок певних кровоносних судин.

У тварин з незамкнутою кровоносною системою (молоски, членистоногі) капіляри відсутні, тобто кров з артерій потрапляє до порожнини тіла. Там вона змішується з порожнинною рідиною. *Порожнина тіла* становить собою проміжки між внутрішніми органами, якими циркулює





Мал. 43.8. I. Циркуляторні системи безхребетних тварин: А – плоскі черви позбавлені кровоносної системи, транспорт газів здійснює міжклітинна рідина; Б – членистоногі мають незамкнену кровоносну систему, яка складається із серця (1) та артерій (2); В – у кільчастих червів кровоносна система замкнена, проте серце відсутнє (3 – кровоносні судини). II. Різні варіанти будови замкненої кровоносної системи хребетних тварин (пригадайте їх)

міжклітинна рідина. Функції порожнинної рідини подібні до функцій крові та лімфи. Існують різні типи порожнини тіла: первинна, вторинна та змішана. Первинна порожнина не має власних стінок та становить собою проміжки між внутрішніми органами (наприклад, у круглих червів). На відміну від первинної, вторинна порожнина має власну вистилку, яка відокремлює її від внутрішніх тканин та органів (кільчасті черви, молюски, хордові, людина тощо).

У людини порожнина тіла включає грудну та черевну, розділені плоским м'язом – діафрагмою. У порожнині черепа міститься головний мозок, порожнині хребтового каналу – спинний.

У членистоногих розвинена змішана порожнина тіла. У цих тварин під час зародкового розвитку закладається вторинна порожнина, але її вистилка згодом руйнується й залишки первинної порожнини зливаються з вторинною.

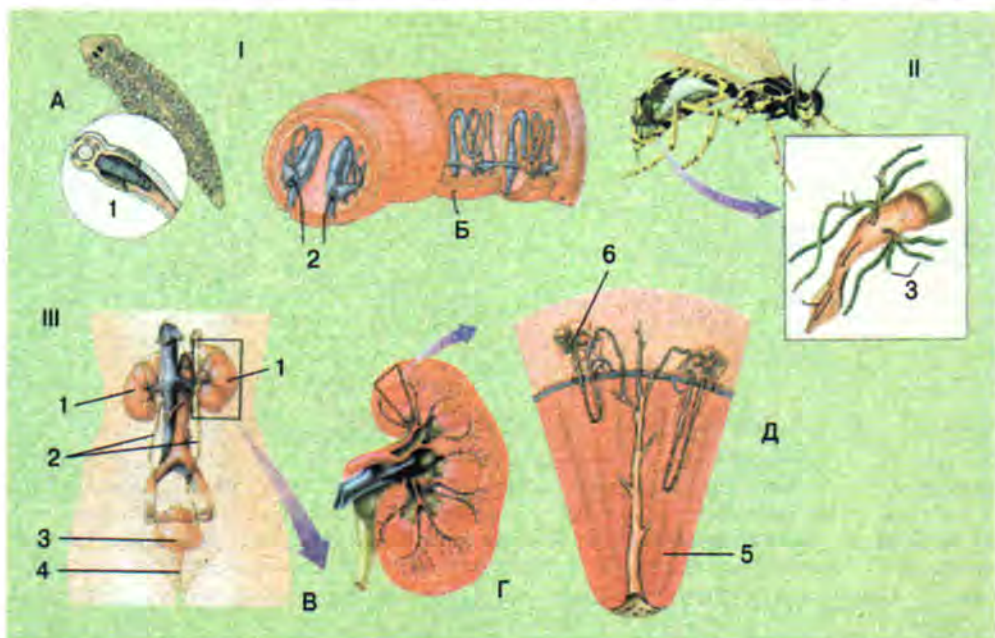
Видільна система забезпечує виведення з організму (екскрецію) кінцевих продуктів обміну речовин. У різних груп тварин існують відмінні типи органів виділення (мал. 43.9).

У плоских і кільчастих червів, ланцетників видільні органи – це різні варіанти видільних трубочок – нефридів, у ракоподібних – зелені залози, у комах і павукоподібних – мальпігієві судини, у молюсків і хребетних тварин – нирки. Усі ці органи, незважаючи на значні відмінності в будові, діють за однією схемою:

- плазма крові або порожнинна рідина через одношаровий епітелій потрапляє у просвіт вивідного каналу (первинна сеча);

- при протіканні первинної сечі вздовж каналу з неї через його стінки в організм повертається більша частина води, цукри та інші необхідні речовини (процес зворотного всмоктування);





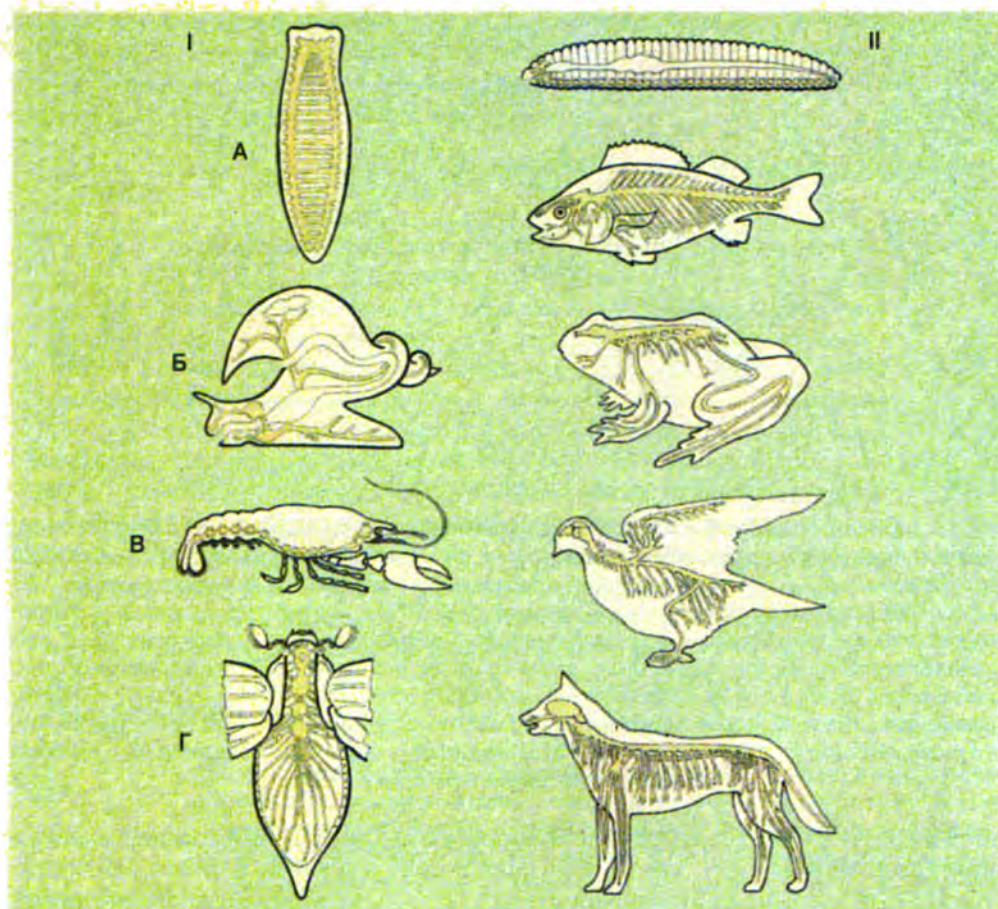
Мал. 43.9. I. Видільна система плоских (А) та кільчастих (Б) черв'як (1 – протонефридії плоских черв'як; 2 – метанефридії кільчастих). II. Видільна система членистоногих представлена мальпігієвими судинами (3). III. Видільна система людини: В – план будови; 1 – нирки; 2 – сечоводи; 3 – сечовий міхур; 4 – сечівник. Г – нирка в розрізі; Д – ниркова пірамідка (5) з нефронами (6)

– концентрована вторинна сеча виводиться назовні через сечовивідний канал.

Видільна система, крім виведення кінцевих продуктів обміну речовин, часто бере участь у процесах регуляції і концентрації солей в організмі. Від цього залежить осмотичний тиск у клітинах (пригадайте, що це). Здатність регулювати осмотичний тиск особливе значення має для мешканців водойм, уміст солей у яких періодично змінюється. Уявіть собі: рачок артемія може мешкати в різних водоймах – від майже прісних до тих, концентрація солей в яких становить до 300 ‰ (1 проміле дорівнює концентрації 1 г солей, розчинених у 1 л води).

Нервова система та залози внутрішньої секреції забезпечують регуляцію життєвих функцій організму, його функціонування як цілісної біологічної системи, реакції на різноманітні подразники зовнішнього та внутрішнього середовища. Виділяють кілька типів нервової системи (мал. 43.10). У поліпів кишковопорожнинних вона складається з розкиданих по тілу нейронів, які сполучаються своїми відростками. Нервові вузли в цих тварин відсутні (дифузна нервова система).

У плоских черв'як у передній частині тіла розміщений парний нервовий вузол – головний мозок. Від нього відходять парні поздовжні стовбури, сполучені поперечними нервами (нервова система драбинчастого типу). Отже, у плоских черв'як є поділ нервової системи на центральну (головний мозок і поздовжні нервові стовбури) та периферичну (нервові закінчення, які від них відходять) частини.



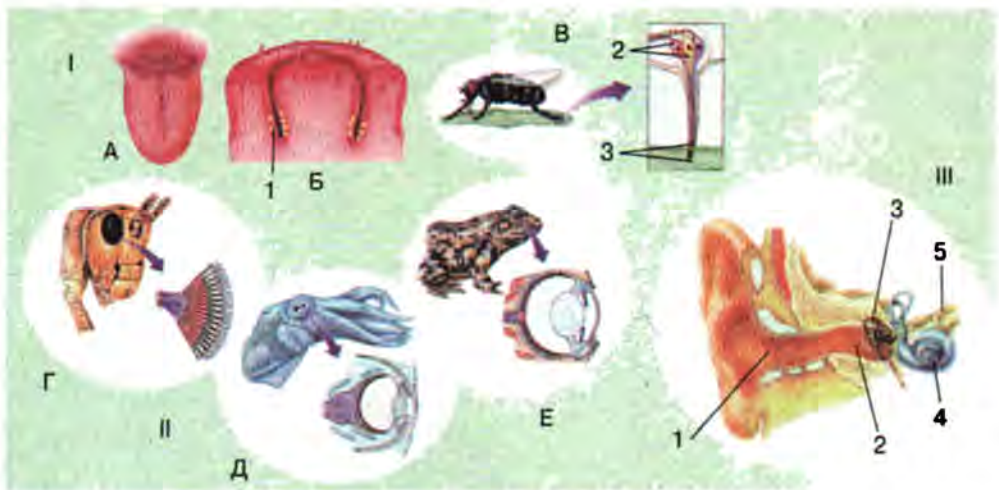
43.10. I. Нервова система: А – драбинчастого типу плоских червів; Б – розкидано-вузлового типу молюсків; В, Г – ланцюгового типу членистоногих. II. Різні варіанти будови нервової системи трубчастого типу хордових тварин (пригадайте їх)

У молюсків нервові вузли можуть знаходитись у різних частинах тіла, вони сполучаються за допомогою стовбурів (нервова система розкидано-вузлового типу). У видів, яким притаманний активний спосіб життя (червоногі, головоногі), більшість нервових вузлів входить до складу головного мозку.

У кільчастих червів і членистоногих центральна нервова система включає головний мозок і черевний нервовий ланцюжок, що складається з двох зближених нервових стовбурів (проходять уздовж черевного боку тіла). Ці стовбури, як і нервові вузли, можуть зростатися між собою.

У хордових тварин центральна нервова система має вигляд трубки, розташованої на спинному боці тіла. У ланцетника передній кінець цієї трубки лише дещо розширений, а у хребетних тварин центральна нервова система поділена на розширений головний і видовжений спинний мозок. У хребетних тварин головний мозок складається з п'яти відділів (пригадайте, яких).

Органи чуття забезпечують зв'язок організму з довкіллям, сприйняття подразників зовнішнього та внутрішнього середовища. Найпростіше



- 43.11. I. Органи смаку. А – язик людини має особливі рецептори – смакові сосочки, здатні сприймати різні типи смаку; Б – смаковий сосочок у розрізі (1 – смакова цибулина); В – у мух смакові рецептори розташовані на лапках ніг (2 – рецепторні клітини; 3 – чутлива волосина). II. Органи зору – очі: Г – складні очі комах складаються із сукупності простих вічок – фасеток; Д – око головоногих молюсків має будову, подібну до будови очей хребетних тварин (Е). III. Будова органа слуху людини: зовнішнє вухо починається зовнішнім слуховим проходом (1); барабанна перетинка (2) відмежовує зовнішнє вухо від середнього, де розташовані слухові кісточки (3). Внутрішнє вухо – це завитка (4), від якої відходить слуховий нерв (5)

органи чуття побудовані в кишковопорожнинних. У поліпів подразники довкілля сприймають виключно рецепторні клітини, а в медуз є багатоклітинні органи сприймання світла (вічка) та рівноваги. Вічка дають змогу медузам розпізнавати ступінь освітленості, а органи рівноваги – контролювати положення тіла у просторі. Крім того, органи рівноваги здатні сприймати коливання води перед штормом, що слугує сигналом для віддалення медуз від берегів. У інших багатоклітинних тварин є органи зору, слуху, нюху, дотику тощо (мал. 43.11).

Статева система складається з органів, які слугують для забезпечення статевого розмноження, а в деяких випадках – початкових етапів розвитку нащадків. Органи чоловічої статеві системи – це насамперед статеві залози – сім'яники, в яких утворюються чоловічі статеві клітини, а також система проток, якими вони виводяться з організму. До складу органів жіночої статеві системи обов'язково входять статеві залози – яєчники, в яких формуються яйцеклітини, а також більш-менш розвинена система проток, якими вони виводяться з організму. У багатьох тварин (наприклад, у більшості плоских червів) є особливі залози – жовтківники, в яких утворюються жовткові клітини із запасом поживних речовин для зародка, а також сім'яприймачі (наприклад, у дощових червів), у яких накопичуються чоловічі статеві клітини, отримані під час парування.

У більшості тварин у тілі одних особин утворюються сперматозоїди (самці), в інших – яйцеклітини (самки). Таких тварин називають *роздільно-статевими* (ссавці, птахи, плазуни, земноводні, хрящові риби, біль-



шість кісткових риб, членистоногих тощо). Але є й тварини, в яких в одному організмі утворюються як чоловічі, так і жіночі статеві клітини (малощетинкові черви, п'явки, більшість плоских червів тощо). Таких тварин називають **гермафродитами**.

Ключові терміни та поняття. Роздільностатеві тварини, гермафродити.

- Органи вищих рослин поділяють на вегетативні (пагін і корінь) та репродуктивні. Статеві органи вищих спорових рослин (чоловічі – антеридії і жіночі – архегонії) утворюються на особинах статевого покоління – гаметофітах. Із зиготи розвиваються особини нестатевого покоління (спорофіти), які забезпечують розмноження спорами. У голонасінних чоловічі та жіночі статеві органи зібрані на видозмінених генеративних пагонах – шишках. Генеративні органи покритонасінних рослин – це квітки. З різних частин квіток після запліднення формуються інші генеративні органи – насінини та плоди.
- У тварин існують органи, які утворюють покриви, опорно-рухову, травну, видільну, кровоносну, дихальну, нервову та статеву системи. Органи чуття забезпечують зв'язок організму з довкіллям, сприйняття подразників зовнішнього та внутрішнього середовища. Серед тварин відомі роздільностатеві та гермафродитні види.

Коротко
про
головне



Запитання для самоконтролю

1. Яка будова пагона і кореня? Які їхні функції? 2. Які органи рослин належать до репродуктивних? Що таке квітка, насінини та плід? 3. Що таке гаметофіт і спорофіт? Які їхні функції? 4. Що становлять собою покриви тіла багатоклітинних тварин? 5. Із чого складається опорно-рухова система в різних багатоклітинних тварин? Які її функції? 6. Які є основні типи травних систем багатоклітинних тварин та як вони функціонують? 7. Які органи дихання трапляються у тварин? 8. Які типи кровоносних систем трапляються у тварин? Які функції виконує кровоносна система? 9. Які функції органів дихання? 10. Яке значення для існування організму мають нервова система та органи чуття?

Поміркуйте. Чому заповнену рідиною порожнину тіла круглих і кільчастих червів інколи називають гідроскелетом?

§ 44. РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ У БАГАТОКЛІТИННИХ ОРГАНІЗМІВ



Пригадайте: які регуляторні системи багатоклітинних організмів вам відомі? Що таке нервова та гуморальна регуляція? Що таке гомеостаз?

• Що таке біологічно активні речовини та регуляторні системи? **Біологічно активні речовини** – сполуки, що впливають на прояви життєдіяльності. **Регуляторні системи** забезпечують функціонування багатоклітинного організму як єдиної біологічної системи, зумовлюють його реакції на зміни умов зовнішнього та внутрішнього середовища. У тварин і людини до регуляторних систем належать нервова, імунна та ендокрин-



на; у рослин – окремі секреторні клітини. Регуляція діяльності клітин, органів та їхніх систем спрямована на підтримання гомеостазу внутрішнього середовища багатоклітинного організму.

• Регуляцію життєвих функцій у багатоклітинних рослин насамперед здійснюють **фітогормони**. Ці сполуки синтезують не лише рослини, а й гриби. Вони в малих кількостях регулюють процеси обміну речовин, координують індивідуальний розвиток, впливаючи на поділ і ріст клітин, диференціювання тканин, формування органів, розвиток бруньок, проростання насіння тощо. Одні фітогормони можуть прискорювати життєві функції (поділ клітин, розвиток пагонів дозрівання плодів), інші – їх гальмувати (наприклад, викликати опадання листків).

До фітогормонів належать ауксини, цитокініни, гібереліни та абсцизова кислота.

Ауксини утворюються у верхівковій твірній тканині і зумовлюють розтягування клітин, унаслідок якого пагін видовжується. Вони також впливають на диференціацію провідних тканин, стимулюють поділ клітин камбію, прискорюють формування додаткових коренів живців тощо. У сільському господарстві ауксини використовують для стимулювання утворення додаткових коренів у живців, опадання плодів перед збиранням врожаю, а у високих концентраціях – як гербіциди (різновид пестицидів, використовують для боротьби з бур'янами).

Цитокініни прискорюють поділ клітин, ріст і розвиток бічних бруньок, стимулюють проростання насіння, обмін речовин, затримують процеси старіння.

Гібереліни прискорюють ріст рослин, процеси цвітіння, формування плодів, стимулюють проростання насіння, розвиток бульб і цибулин тощо.

Абсцизова кислота стимулює перехід рослин у стан спокою, збільшує тривалість цього періоду, стимулює опадання листків, пригнічує проростання насіння, ріст бруньок.

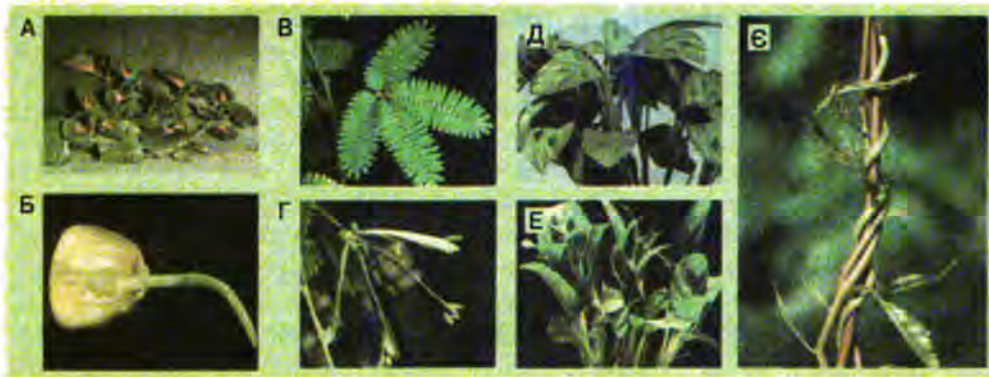
За допомогою біологічно активних сполук рослини можуть впливати на особин свого або інших видів. Так, **фітонциди** пригнічують життєдіяльність інших організмів. Зокрема, пирій і ясен за допомогою цих речовин можуть гальмувати розвиток рослин інших видів, тобто зменшувати рівень міжвидової конкуренції. Тож, висіваючи на одній ділянці насіння рослин різних видів або плануючи сівоzmіни, слід враховувати, як ці види впливатимуть один на одного. Фітонциди, які виробляють, наприклад, сосна, часник або цибуля ріпчаста, вбивають мікроорганізми. Тому ці рослини з давніх-давен людина використовувала для лікування і профілактики багатьох інфекційних та інвазійних захворювань.

Алкалоїди – особливі отруйні для тварин сполуки. Вони захищають рослини від виїдання тваринами-фітофагами. Багато алкалоїдів використовують у медицині.

Алкалоїди знайдено приблизно в 2500 видів покритонасінних рослин переважно з родин Пасльонові, Лілійні, Макові, Конопцеві. Значення алкалоїдів у житті рослин – це захист від паразитів, поїдання тваринами тощо. Чимало алкалоїдів використовують у медицині. Наприклад, хінін (екстракт кори хінного дерева) застосовують для лікування малярії. Цікаво, що лікувальні властивості хініну були відомі індіанцям ще до того, як Колумб відкрив Америку. Алкалоїд колхіцин застосовують для експериментального отримання клітин зі збільшеними наборами хромосом. Він руйнує веретено поділу.

Фітогормонам, як і гормонам тварин, властива дистанційність дії. Це означає, що вони утворюються клітинами певних типів і транспортуються





Мал. 44.1. Реакції рослин на подразнення: тропізми (А, Б), настії (В-Е). А. Пагону притаманний негативний геотропізм (реакція на силу тяжіння землі), тому його ріст спрямований догори. Б. Кореню притаманний позитивний геотропізм: його ріст спрямований в глиб ґрунту. В, Г – сейсмонастії (реакції на струси) мімози соромливої. Листочки складного листка у стані спокою розправлені (В), якщо ж рослина відчуває струс, листочки складного листка складаються (Г). Д, Е – фотонастії у маранти триколірної: удень листки маранти розправлені (Д), уночі тиск в їхніх клітинах падає і листки згортаються (Е). Є. Колові рухи; коли рослина торкається будь-якої опори, вона під час росту накручується навколо неї

до тих частин рослини, на які вони впливають, по провідних тканинах з течією соків або безпосередньо від однієї клітини до іншої. Рослини здатні сприймати зміни в довкіллі і реагувати на них певними рухами, а саме – за допомогою тропізмів, настій тощо.

Тропізми – переміщення органів під час росту у відповідь на подразник, що має певну спрямованість (мал. 44.1, А, Б). Так, ростові реакції на напрямок падіння променів світла дістали назву **фототропізми**, на силу тяжіння землі – **геотропізми**, на хімічні сполуки – **хемотропізми** тощо. Якщо рухи спрямовані в бік подразника, то тропізми називають **позитивними**, якщо у протилежний – **негативними**.

Настії – рухи органів у відповідь на дію подразників, що не мають певного спрямування (зміна освітленості, температури тощо) (мал. 44.1, В-Е). Прикладом настій можуть слугувати відкривання та закривання віночка квітки у відповідь на зміну освітленості (**фотонастії**), згортання листків при змінах температури (**термонастії**), закриття листків комахоїдних рослин як реакція на рухи комахи (**сейсмонастії**) тощо. Настії можуть бути пов'язані з розтягуванням органів внаслідок нерівномірного росту або зміною внутрішньоклітинного тиску внаслідок коливань концентрації клітинного соку. Таким чином, рухи рослин, на відміну від тварин, не пов'язані з переміщенням усього організму, а лише окремих його частин – кореня, стебла, листків, квіток тощо.

• **Регуляція життєвих функцій у багатоклітинних тварин.** У більшості тварин одночасне функціонування нервової, імунної та ендокринної систем та їхні взаємодії забезпечують нейрогуморальну регуляцію життєвих функцій.

Особливості нервової регуляції. Нервова система регулює життєві функції за допомогою імпульсів. Нервові імпульси мають електричну природу,



Мал. 44.2. Будова та функціонування синапсу: I. Під впливом нервового імпульсу міхурці з медіатором підходять до мембрани нервового закінчення. II. Міхурці з медіатором виділяються в синаптичну щілину. III. Медіатор взаємодіє з рецептором у складі мембрани іншого нейрона і проникає всередину нього. Це викликає потенціал дії і подальше переміщення імпульсу

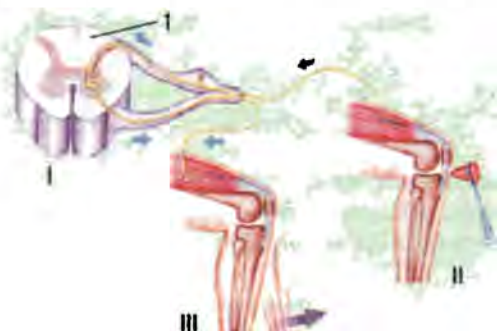
проте в місцях контакту двох сусідніх нейронів, нейронів і м'язових чи інших клітин імпульс передається хімічним шляхом за участі особливих речовин – **медіаторів** (ацетилхоліну, норадреналіну тощо). Особливі структури, що забезпечують контакти між двома нейронами, називають **синапсами**. У синапсі закінчення відростків нейронів розділено щілиною (мал. 44.2). Коли нервеве збудження підходить до закінчення одного нейрона, то вивільняється медіатор, який хімічно змінюється та переносить інформацію до рецепторів іншого нейрона.

Після проведення нервового збудження медіатор за участі ферментів руйнується. Синапс передає сигнал тільки в одному напрямку. Різні медіатори можуть прискорювати або гальмувати передачу нервового імпульсу.

Рефлекси. Нервові імпульси передаються від рецепторів до центральної частини нервової системи. Там здійснюються аналіз і синтез отриманої інформації, після чого нові імпульси надходять до робочих органів, змінюючи їхню діяльність. За-

вдяки нервовій системі тварини здатні своєчасно сприймати подразники довкілля, а також зміни у власному внутрішньому середовищі та швидко на них реагувати. Таким чином, **рефлекс** – це реакція організму на подразники зовнішнього і внутрішнього середовища, яка здійснюється за участі нервової системи (мал. 44.3). Основу рефлекторної діяльності складають явища виникнення та гальмування нервового збудження.

Усі різновиди рефлексів І. П. Павлов відніс до безумовних (природжені) та умовних (набуті). Сукупність безумовних і умовних рефлексів забезпечує пристосування до непостійних умов довкілля.



Мал. 44.3. Колінний рефлекс у людини: I. Центр колінного рефлексу розташований у сірій речовині (1) спинного мозку; II. При легкому ударі по колінному суглобу збуджуються рецептори, від яких нервовий імпульс прямує до відповідного центру у спинному мозку; III. Центр надсилає новий імпульс, який прямує до м'язів, які скорочуються і забезпечують відповідні рухи ноги



Безумовні рефлекси спадкові та не змінюються протягом життя. Вони відіграють провідну роль у забезпеченні певних реакцій, зокрема одразу після народження, та становлять основу для утворення умовних рефлексів. Деякі безумовні рефлекси (колінний тощо) використовують для встановлення стану нервової системи. Безумовні рефлекси бувають харчові, статеві, орієнтовні, захисні (чхання, кашель, моргання тощо).

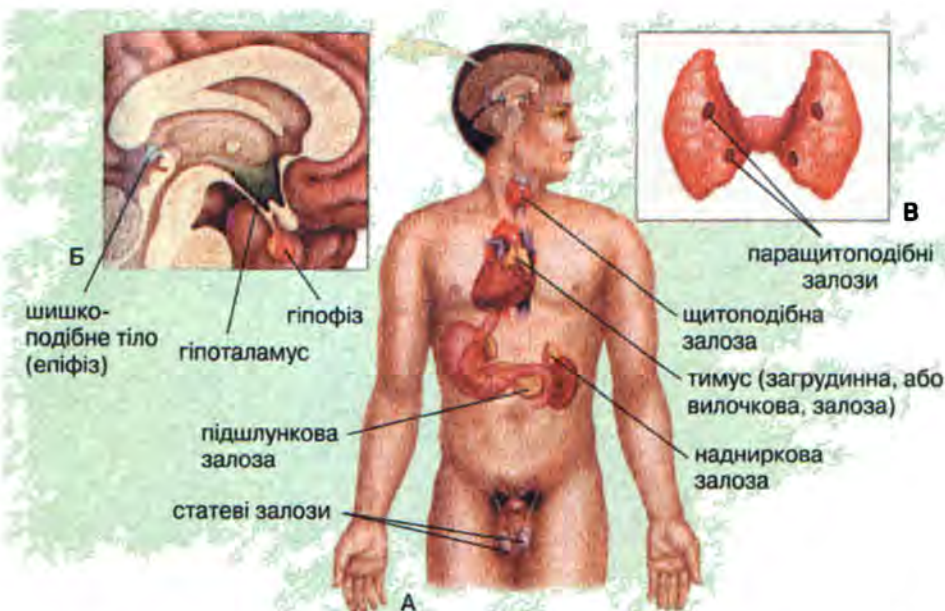
Сукупність послідовних безумовних рефлексів, які визначають забезпечення певної життєвої функції, називають **інстинктом**.

Умовні рефлекси виникають і згасають протягом життя на основі безумовних під впливом певних чинників зовнішнього середовища. З віком кількість умовних рефлексів зростає в міру накопичення життєвого досвіду. Разом з тим умовні рефлекси, які тривалий час не відтворюються, можуть втрачатись (згасати).

Вищою нервовою діяльністю називають функціонування певних відділів центральної нервової системи, яка забезпечує відповідні умовно-рефлекторні реакції організму на раптові зміни умов довкілля. Так, у людини та хребетних тварин вища нервова діяльність забезпечується корою головного мозку та підкірковими нервовими центрами; у членистоногих – грибоподібними тілами переднього мозку тощо.

Гуморальна регуляція життєвих функцій здійснюється завдяки різноманітним біологічно активним сполукам: гормонам, нейрогормонам, вітамінам тощо. Важлива роль при цьому належить **системі залоз внутрішньої секреції**, або **ендокринній системі** (мал. 44.4).

Залози внутрішньої секреції не мають вивідних проток, їхні клітини виділяють **гормони** безпосередньо в кров або іншу рідину внутрішнього середовища організму.



Мал. 44.4. Ендокринна система людини: А – розташування ендокринних залоз; Б – зріз через головний мозок; В – задня поверхня щитоподібної залози



Деякі нервові клітини (*нейросекреторні клітини*) виділяють у кров біологічно активні речовини, які дістали назву *нейрогормони*. Принцип їхньої дії такий самий, як і в гормонів.

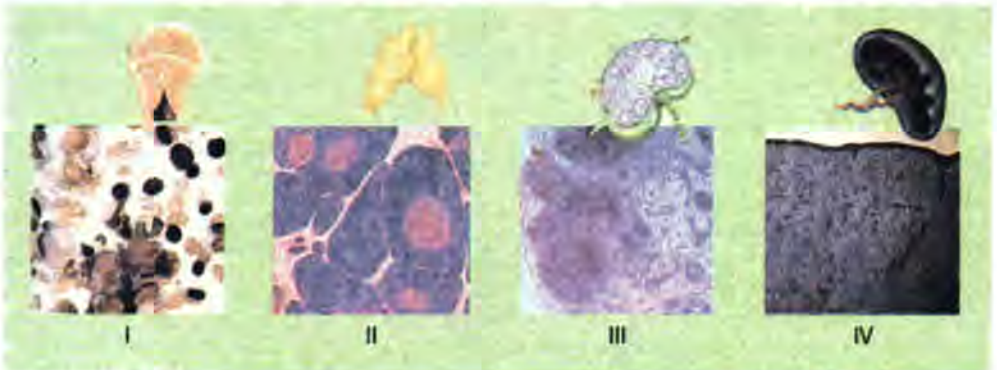
Оскільки окремі залози внутрішньої секреції не пов'язані між собою просторово, їхня узгоджена робота здійснюється або завдяки нервовій регуляції, або ж під впливом певних гормонів, що виробляються одними залозами, а впливають на роботу інших. Гормони та нейрогормони впливають на діяльність нервової системи. Як ви пригадуєте, гіпофіз – залоза внутрішньої секреції, що виробляє гормони, здатні впливати на діяльність інших ендокринних залоз.

Порівняно з роботою нервової системи, дія гормонів і нейрогормонів вирізняється меншою швидкістю, але справляє триваліший ефект. Під гормональним контролем перебувають усі етапи індивідуального розвитку та процеси життєдіяльності. Зокрема гормони забезпечують підтримання гомеостазу та регуляцію активності ферментів.

Гуморальна регуляція життєвих функцій також може здійснюватися за допомогою інших біологічно активних речовин. Наприклад, концентрація вуглекислого газу в крові регулює функцію дихального центру головного мозку хребетних тварин, а зміни концентрації йонів Кальцію і Калію – діяльність серця тощо. Вітаміни беруть участь в обміні речовин і перетворенні енергії здебільшого як компоненти складних ферментів.

У хребетних тварин існує тісний зв'язок між гіпоталамусом (структура проміжного мозку) і гіпофізом (провідна залоза внутрішньої секреції, пов'язана з проміжним мозком). Ця система має назву *гіпоталамо-гіпофізарної*. Її функції полягають у тому, що синтезовані клітинами гіпоталамуса нейрогормони по кровоносних судинах надходять у передню частку гіпофіза. Там вони стимулюють або гальмують вироблення гормонів, які впливають на діяльність інших залоз внутрішньої секреції. Основне біологічне значення гіпоталамо-гіпофізарної системи полягає в здійсненні досконалої регуляції вегетативних функцій та розмноження як реакції на вплив зовнішніх та внутрішніх подразників.

Імунна система (мал. 44.5) відіграє важливу роль у забезпеченні нормальної діяльності організмів багатоклітинних тварин і людини. До



Мал. 44.5. Органи імунної системи: I – червоний кістковий мозок, де утворюються лімфоцити; II – тимус, де дозрівають Т-лімфоцити; III – лімфатичні вузли, де знешкоджуються мікроорганізми; IV – селезінка, де дозрівають лейкоцити



складу імунної системи хребетних тварин і людини входять виличкова залоза (*тимус*), червоний кістковий мозок, селезінка, лімфатичні вузли, скупчення лімфоїдної тканини навколо різних частин травної та дихальної систем, а також більшість різновидів лейкоцитів.

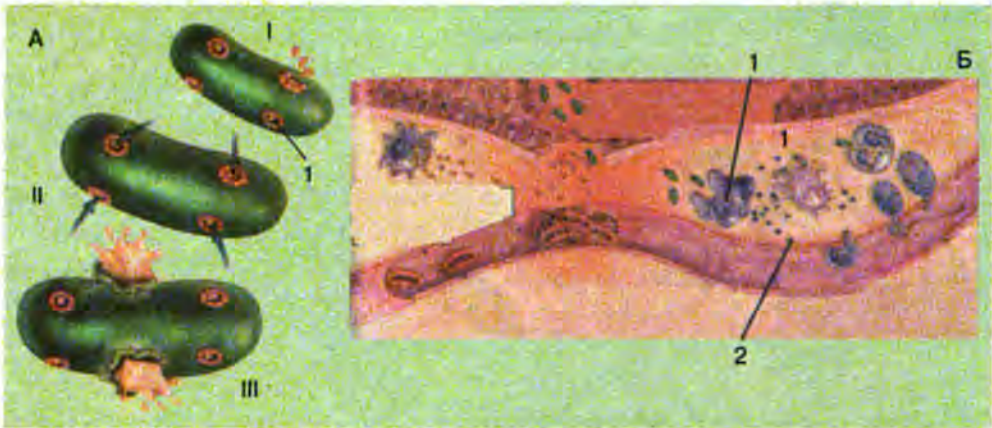
Імунітет – здатність організму забезпечувати несприйнятливість до збудників певних захворювань. Розрізняють гуморальний та клітинний види імунітету.

Гуморальний імунітет. Захист організму від паразитів та чужорідних речовин забезпечують особливі білкові сполуки – **антитіла** (або **імуноглобуліни**). Вони присутні в плазмі крові, лімфі, материнському молоці, слині та утворюються в особливих клітинах крові (лімфоцитах) у відповідь на присутність чужорідних хімічних сполук – **антигенів**. Джерелом антигенів слугують віруси, бактерії, мікроскопічні гриби, одноклітинні тварини та біологічно активні речовини, які потрапили всередину організму ззовні. Вчені відкрили сотні тисяч різних антигенів.

Кожний вид антитіла вступає у хімічний зв'язок лише з відповідним йому антигеном, нейтралізуючи шкідливі властивості останнього. Це один з механізмів **гуморального імунітету** (мал. 44.6, А).

До гуморального імунітету належить і **система комплементу**. Вона складається з різних білків у складі плазми крові. При специфічній реакції антиген-антитіло вони можуть бути активовані в певній послідовності. Наприклад, ці білки можуть зв'язуватися з рецепторними молекулами у складі оболонки бактеріальної клітини (мал. 44.6, А). Це забезпечує виникнення отворів в оболонці бактеріальної клітини, через яку надходять розчини солей. Тиск всередині бактеріальної клітини зростає, що спричиняє її руйнування.

Клітинний імунітет. Видатний український вчений І. І. Мечников встановив, що здатність певних груп лейкоцитів до фагоцитозу визначає несприйнятливість організму до деяких інфекційних захворювань. Це



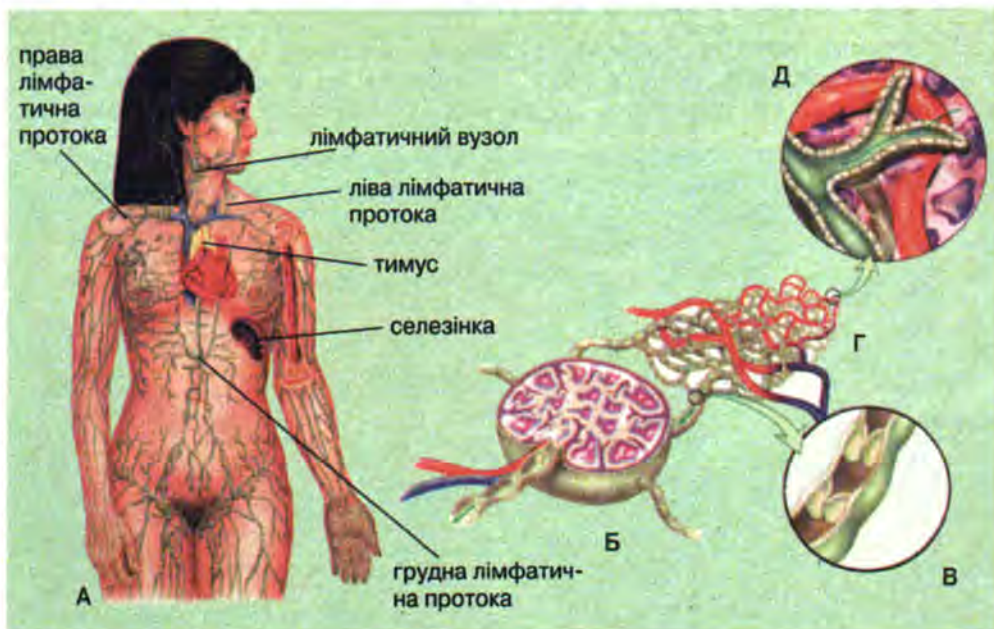
Мал. 44.6. Гуморальний (А) та клітинний (Б) імунітет. А. Дія системи комплементу (антитіла) проти бактеріальної клітини: 1. Мембранні комплекси поверхні бактеріальної клітини, з якими зв'язується комплемент (антитіло). II. Виникнення отворів в оболонці бактеріальної клітини, через які надходять розчини солей. III. Тиск всередині бактеріальної клітини зростає, що спричиняє її руйнування. Б – клітинний імунітет: макрофаги (1) шляхом фагоцитозу знешкоджують клітини бактерій (2)

явище дістало назву *клітинного імунітету*. Наприклад, макрофаги шляхом фагоцитозу можуть поглинати й знешкоджувати клітини бактерій (мал. 44.6, Б). Клітинний імунітет забезпечують не лише лейкоцити, а й особливі нерухомі клітини, розташовані в лімфатичних вузлах, селезінці, печінці, кістковому і головному мозку.

Діяльність різноманітних органів і систем органів багатоклітинних тварин спрямована на підтримання гомеостазу, що досягається завдяки дії регуляторних механізмів і транспортних систем.

• **Транспортні, або циркуляторні, системи організму** часто становлять собою рідину, яка заповнює проміжки між тканинами та органами (*плоскі та круглі черви*) (мал. 43.8, А). В інших організмів (*членистоногі, молюски, кільчасті черви, хордові*) ці функції (транспорт поживних речовин, біологічно активних сполук, кінцевих продуктів обміну) виконують рідкі тканини – кров (мал. 43.8, 1, Б, В, 43.8, 2), порожнинна (міжклітинна) рідина, лімфа (мал. 44.7) та системи їхнього колообігу.

• **Взаємодія клітин.** Особливостями організації багатоклітинних організмів є взаємодія між його клітинами. Регуляція клітинного поділу, процесів диференціювання клітин, міжклітинних взаємодій, підтримання процесів життєдіяльності окремих клітин забезпечуються складною системою сигнальних шляхів. Цими шляхами зовнішні щодо клітини сигнали передаються всередину неї, а цілі комплекси сигнальних білків доправляють їх до специфічних мішеней у цитоплазмі або ядрі. Таким чином, у



Мал. 44.7. Лімфатична система людини: А – загальний план; Б – лімфатичний вузол у розрізі; В – лімфатична судинна в розрізі; Г – лімфатичні капіляри (позначені оливковим кольором) переплітаються з кровоносними (позначені червоним кольором). Це забезпечує зв'язок (Д) міжклітинної рідини з кровоносною та лімфатичною системами

багатоклітинних організмів за рахунок міжклітинних взаємодій утворюються складні клітинні комплекси, функціонування яких може підтримуватися різними шляхами. Прикладами таких комплексів є різновиди тих чи інших тканин.

Чим забезпечується цілісність тканин і виконання окремими клітинами специфічних функцій? Численними експериментами доведено здатність клітин розпізнавати одна одну і відповідним чином реагувати. Зазначимо, що взаємодія клітин – це не тільки здатність передавати сигнали від однієї клітини до іншої, але й їхня здатність діяти узгоджено.

Вам уже відомо, що на поверхні кожної клітини розташовані рецептори, завдяки яким клітина розпізнає зовнішні впливи, такі як різні хімічні сполуки. Подібні рецептори дають змогу розпізнавати й іншу, подібну до себе, клітину. Функціонують ці рецептори згідно з правилом «ключ – замок» (пригадайте, за таким самим принципом взаємодіють і ферменти з речовинами, які вступають у реакцію).

Відомо два основні способи міжклітинної взаємодії: дифузійний та адгезивний. *Дифузійний спосіб* – це взаємодія клітин за допомогою міжклітинних каналів, пор у мембранах сусідніх клітин.

Адгезивний спосіб взаємодії (від лат. *адгезіо* – прилипання, злипання) – механічне з'єднання клітин, тривале і стабільне утримування їх на близькій відстані одна від одної. Вам уже відомі різні види міжклітинних з'єднань (десмосоми, синапси та ін.). Така взаємодія є основою для об'єднання клітин у різні багатоклітинні структури (тканини, органи).

Кожна клітина тканини не тільки з'єднується із сусідніми клітинами, а й взаємодіє з міжклітинною (тканинною) речовиною, отримуючи за її участі поживні речовини, сигнальні молекули (гормони, медіатори) тощо. За допомогою хімічних речовин, що надходять до всіх клітин, тканин та органів тіла, здійснюється гуморальний тип регуляції життєвих функцій. На різні типи клітин людини і тварин, як ви пам'ятаєте, можуть впливати такі біологічно активні речовини, як гормони, нейрогормони, медіатори, а у рослин – фітогормони.

Інший шлях регулювання відбувається за допомогою нервової системи. Нервові імпульси досягають певних клітин, тканин та органів у сотні або тисячі разів швидше, ніж будь-які хімічні сполуки. У людини, хребетних і багатьох безхребетних тварин узгоджена робота клітин і тканин, що входять до складу внутрішніх органів, забезпечується завдяки вегетативній нервовій системі, у нервових центрах якої генеруються нервові імпульси.

Нервовий і гуморальний способи регуляції функцій органів і систем тісно взаємопов'язані між собою. Однак слід пам'ятати, що утворення більшості хімічних регуляторних речовин і виділення їх у кров перебувають під постійним контролем нервової системи.

Ключові терміни та поняття. *Регуляторні системи, нейрогуморальна регуляція.*

- ✚ Регуляторні системи забезпечують функціонування багатоклітинного організму як єдиної цілісної біологічної системи, зумовлюють його реакції на зміни умов зовнішнього та внутрішнього середовища та підтримують його гомеостаз.



Коротко
про
головне

- ▶ У багатоклітинних рослин регуляцію життєвих функцій здійснюють біологічно активні речовини, зокрема фітогормони, фітонциди та алкалоїди.
- ▶ У більшості тварин усі процеси життєдіяльності та їхня координація підлягають гуморальній та нервовій регуляції. Взаємодія нервової, імунної та ендокринної систем забезпечує нейрогуморальну регуляцію всіх життєвих функцій.
- ▶ Нервова система регулює життєві функції за допомогою рефлексів. Рефлекс – реакція організму на подразники зовнішнього і внутрішнього середовища, яка здійснюється за участі нервової системи. Рефлекси бувають безумовними та умовними. Нервові імпульси мають електричну природу. Передача імпульсу між двома нервовими клітинами здійснюється за допомогою особливих речовин – медіаторів.
- ▶ В основі діяльності нервових центрів лежать процеси виникнення та гальмування нервового збудження.
- ▶ Вищою нервовою діяльністю називають функціонування відділів центральної частини нервової системи, яке забезпечує свідомі реакції на раптові зміни умов довкілля, зокрема вироблення та згасання умовних рефлексів, запам'ятовування тощо.
- ▶ Гуморальна регуляція життєвих функцій здійснюється завдяки різноманітним біологічно активним речовинам: гормонам, нейрогормонам, вітамінам тощо. Провідна роль у гуморальній регуляції належить системі залоз внутрішньої секреції та нейросекреторним клітинам.
- ▶ Узгоджена робота залоз внутрішньої секреції здійснюється завдяки нервовій регуляції та під впливом певних гормонів і нейрогормонів, що виробляються одними залозами, а впливають на роботу інших.
- ▶ Імунітет – здатність організму забезпечувати несприйнятливість до збудників певних захворювань. Захист організму за допомогою антитіл отримав назву гуморального імунітету. Клітинний імунітет ґрунтується на здатності певних груп лейкоцитів до фагоцитозу.



Запитання для
самоконтролю

1. Що таке регуляторні системи? 2. Як відбувається регуляція життєвих функцій у рослин? 3. Що таке фітогормони, фітонциди, алкалоїди? Які їхні функції? 4. Як відбувається регуляція життєвих функцій у багатоклітинних тварин? 5. Які особливості нервової регуляції? 6. Які особливості гуморальної регуляції у тварин? 7. Що таке гормони, нейрогормони, медіатори? 8. Що таке імунітет та імунна система?

Поміркуйте. Чому в організмах більшості багатоклітинних тварин одночасно діють нервова та гуморальна регуляторні системи?





УЗАГАЛЬНЕННЯ

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ФУНКЦІОНУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО, КЛІТИННОГО ТА ОРГАНІЗМОВОГО РІВНІВ ЖИТТЯ

На молекулярному рівні життя відбуваються хімічні процеси і перетворення енергії, а також зберігається, змінюється і реалізується спадкова інформація. Із взаємодіями молекул неорганічних (вода, солі, неорганічні кислоти) та органічних (білки, ліпіди, вуглеводи, нуклеїнові кислоти тощо) сполук пов'язані процеси життєдіяльності організмів, зокрема обмін речовин. Середовищем для нормального функціонування цього рівня слугують клітини.

Клітинний рівень організації живої матерії характеризується тим, що в кожній клітині як одноклітинних, так і багатоклітинних організмів відбуваються обмін речовин і перетворення енергії, зберігання та реалізація спадкової інформації. Клітини здатні до розмноження і передачі спадкової інформації дочірнім клітинам. Одноклітинні організми завжди розвиваються з однієї клітини при основних способах розмноження – статевому та нестатевому. Отже, клітина є елементарною одиницею будови, життєдіяльності і розвитку живої матерії. Середовищем існування клітин одноклітинних організмів слугує екосистема, багатоклітинних – сам організм.

Організмний рівень життя характеризується тим, що кожний організм є самостійною відкритою живою системою, в якій відбуваються обмін речовин і перетворення енергії, зберігання та реалізація спадкової інформації. Більшість багатоклітинних організмів має органи та системи органів, побудовані з різних типів тканин. Організми здатні до розмноження і передачі спадкової інформації нащадкам. Багатоклітинні організми завжди розвиваються з однієї клітини при статевій та нестатевій формах розмноження; їм притаманний індивідуальний розвиток, або онтогенез, який починається зародженням та закінчується природною смертю. Кожний організм належить до певного біологічного виду та становить собою самостійну одиницю, яка входить до складу популяції. Середовищем існування організмів слугує екосистема.

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

БУДОВА ТКАНИН РОСЛИН

Мета: ознайомитися з особливостями будови різних типів тканин рослин, звернути увагу на відповідність їхньої будови виконуваним функціям.

Обладнання і матеріали: світлові мікроскопи, постійні мікропрепарати покривної, провідної, механічної, твірної та основної тканин рослин, мікрофотографії цих тканин.





Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини твірної тканини кореня (соняшника, кукурудзи тощо). Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на особливості будови цієї тканини: відносно тонкі стінки клітин, збільшені ядра, відсутність добре вираженої міжклітинної речовини тощо.
3. Розгляньте мікропрепарат клітин шкірки листка (соняшника, кукурудзи, цибулі, елодеї тощо). Зверніть увагу на форму клітин, сполучення їх між собою, будову продихів.
4. Розгляньте препарат поперечного зрізу через стебло багаторічної дерев'янистої рослини. Зверніть увагу на корок та інші елементи кори, будову лубу, ситоподібні трубки, камбій, судини, серцевину. Знайдіть річні кільця та серцевинні промені.
5. Замалюйте всі розглянуті препарати і порівняйте побачене з мікрофотографіями.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

БУДОВА ТКАНИН ТВАРИН

Мета: ознайомитися з особливостями будови різних типів тканин тварин, звернути увагу на відповідність їхньої будови виконуваним функціям

Обладнання і матеріали: світлові мікроскопи, постійні мікропрепарати епітеліальної, нервової та м'язової тканин, тканин внутрішнього середовища, мікрофотографії цих тканин.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на мікропрепаратах клітини епітеліальної тканини. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на форму клітин, їхнє взаєморозташування, співвідношення клітин і міжклітинної речовини.
3. Так само розгляньте препарат хрящової, кісткової та інших різновидів тканин внутрішнього середовища. Зверніть увагу на будову міжклітинної речовини, зокрема на розміщення в ній волоконця.
4. Розгляньте препарат нервової тканини спинного чи головного мозку, знайдіть сіру речовину, а в ній – нервові клітини. Відзначте характерні особливості будови нервової тканини.
5. Розгляньте препарати м'язової тканини. Знайдіть ядра та скоротливі волокна.
6. Замалюйте розглянуті препарати, порівняйте побачене з мікрофотографіями кожної з тканин. Виявіть особливості будови епітеліальної, нервової, м'язової тканин і тканин внутрішнього середовища.



ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. Зазначте тканини рослин, які належать до покривних: а) шкірка; б) судини; в) ситоподібні трубки; г) жирова.
2. Укажіть м'язи, здатні до довільних скорочень: а) непосмуговані в складі стінок кровоносних судин; б) посмуговані глотки; в) серцевий; г) непосмуговані в складі стінок кишечника.
3. Назвіть тканину, до складу якої входять продиhi: а) основна фотосинтезуюча; б) корок; в) шкірка листка; г) твірна.
4. Зазначте тканину, в якій добре розвинена міжклітинна речовина: а) епітеліальна; б) м'язова; в) нервова; г) сполучна.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. Назвіть клітини, в яких трапляються хлоропласти: а) основної запасуючої тканини; б) твірної тканини; в) продиhiв; г) основної фотосинтезуючої тканини.
2. Назвіть тканини, клітини яких здатні до поділу: а) корок; б) камбій; в) шкірка; г) верхівкова меристема.
3. Назвіть властивості, притаманні епітеліальній тканині: а) міжклітинної речовини майже немає; б) добре розвинені міжклітинники; в) клітини розташовані на базальній мембрані; г) клітини мають довгі й короткі відростки.
4. Укажіть тканини, клітини яких здатні виробляти антитіла: а) епітелій шкіри; б) нервова; в) кров; г) лімфа.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

Встановіть відповідність між клітинами організму тварин і людини та тканинами, які до них належать:

Клітини	Тканини
А Нейроглії	1 Кров
Б Лейкоцити	2 Хрящова
В Остеоцити	3 Ретикулярна
Г Хондроцити	4 Нервова
	5 Кісткова

IV. ЗАПИТАННЯ З ВІДКРИТОЮ ВІДПОВІДДЮ

1. Що спільного та відмінного в здійсненні нервової та гуморальної регуляції життєвих функцій організму тварин? Яке біологічне значення гіпоталамо-гіпофізарної системи для існування організмів тварин?
2. Чому гомеостаз є необхідною умовою існування будь-якого організму? Відповідь обґрунтуйте.
3. Що спільного та відмінного в регуляції життєвих функцій організмів тварин і рослин?
4. Які органи і системи органів беруть участь у підтриманні гомеостазу в тварин?
5. Яке біологічне значення утворення функціональної системи органів?
6. Чому будь-який організм є відкритою системою? Відповідь обґрунтуйте.



КОРОТКИЙ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ

Авітаміноз – захворювання, викликане відсутністю або несприйняттям певних вітамінів.

Автотрофічні організми (автотрофи) – живі істоти, здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних з використанням світлової енергії (фотосинтезики) або енергії певних хімічних реакцій (хемосинтезики).

Адаптація – виникнення пристосувань у живих систем (організмів, екосистем тощо) у відповідь на зміни, які відбуваються в їхньому зовнішньому чи внутрішньому середовищах.

Аеробні організми (аероби) – живі істоти, здатні до життя, розвитку та розмноження виключно за наявності в середовищі існування кисню (O_2), який вони використовують як окиснювач у процесах метаболізму.

Алелопатія – вплив різновидових рослин одна на одну внаслідок виділення ними в навколишнє середовище різних біологічно активних речовин.

Амфільні речовини – органічні сполуки, одна частина молекули яких виявляє гідрофільні властивості, інша – гідрофобні.

Анаеробні організми (анаероби) – живі істоти, здатні до життя, розвитку та розмноження за відсутності в середовищі існування кисню (O_2).

Антикодон – триплет нуклеотидів, розташований на верхівці молекули тРНК; визначає амінокислоту, яку транспортує дана молекула тРНК і впізнає комплементарну йому ділянку з трьох нуклеотидів (кодон) молекули іРНК.

Асиміляція – одна зі сторін обміну речовин; сукупність процесів поглинання з довкілля, засвоєння і накопичення хімічних речовин, які слугують для синтезу необхідних клітині чи організму в цілому сполук.

АТФ (аденозинтрифосфатна кислота) – нуклеотид, який складається із залишків нітратної основи (аденіну), вуглеводу (моносахариду рибози) та трьох молекул ортофосфатної кислоти; запасає енергію у вигляді високоенергетичних (макроергічних) хімічних зв'язків, які виникають між залишками ортофосфатної кислоти. Є універсальним накопичувачем

та переносником енергії в біологічних системах.

✓ **Бактеріофаги** – віруси, що паразитують у клітинах прокаріотних організмів.

Біорізноманіття – різноманітність живих систем на різних рівнях організації: розрізняють біорізноманітність органічних речовин, генів, організмів (внутрішньовидове біорізноманіття), видів (міжвидове біорізноманіття), екосистем тощо.

Буферні системи – водні розчини, здатні протистояти зміні показника рН при додаванні до них певної кількості кислоти або лугу. Вони складаються зі слабкої кислоти (донора H^+), основи (акцептора H^+), здатних відповідно зв'язувати йони гідроксилу (OH^-) та Гідрогену (H^+), завдяки чому рН усередині системи практично не змінюється.

Вакуолі – одномембранні органели; залежно від функцій розрізняють скоротливі, травні та вакуолі рослинних клітин, заповнені клітинним соком.

Віруси – внутрішньоклітинні паразити, що не мають клітинної будови та складають окреме царство Віра; **прості віруси** мають лише білкову оболонку; **складні віруси**, крім білкової, додатково оточені ліпопротеїновою поверхневою мембраною.

Водневий показник, або рН, – значення негативного десятичного логарифму концентрації йонів H^+ .

Ген – ділянка молекули нуклеїнової кислоти, що містить інформацію про первинну структуру молекул поліпептиду, білка, певного типу РНК або взаємодіє з регуляторним білком; є елементарним носієм спадкової інформації.

Генетичний код – властива всім живим організмам єдина система запису спадкової інформації в молекулах нуклеїнових кислот у вигляді певної послідовності нуклеотидів, яка визначає порядок введення амінокислот до поліпептидного ланцюга під час його синтезу.

Геном – сукупність генетичної інформації, задоволеної в генах певної клітини або цілісного організму.

Гетеротрофи – організми, які споживають органічні сполуки, створені інши-



ми істотами, але нездатні синтезувати їх з неорганічних речовин.

Галоплазма – безбарвна напіврідка основа цитоплазми.

Гідрофільність – здатність органічної речовини розчинятись у воді.

Гідрофобність – нездатність органічної речовини до розчинення у воді.

Гомеостаз – здатність біологічних систем різних рівнів організації зберігати відносну сталість складу та властивостей внутрішнього середовища за змін, що відбуваються в навколишньому.

Грана – купка з розміщених один на одному тилакоїдів.

Денатурація – процес порушення природної структури (вторинної, третинної або четвертинної) білка, нуклеїнових кислот та деяких інших біополімерів. Відбувається під дією певних чинників (температури, хімічних сполук). Зазвичай денатурація супроводжується втратою біологічної активності молекули; буває повною чи частковою, оборотною і необоротною.

Деструкція – необоротний процес руйнування первинної структури білків.

Дисиміляція – одна зі сторін обміну речовин; сукупність процесів, які призводять до розкладання складних хімічних сполук в організмі до простіших.

Диференціація – виникнення відмін у будові і функціях клітин, тканин та органів під час індивідуального розвитку.

ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота) – нуклеїнова кислота; біополімер, мономерами якого є залишки нуклеотидів: аденіну (А), гуаніну (Г), тиміну (Т) та цитозину (Ц). Складається з двох ланцюгів, закручених спіралью. Міститься в клітинах усіх організмів, а також у деяких вірусах. ДНК забезпечує кодування, зберігання та передачу спадкової інформації дочірнім клітинам під час поділу материнської.

Еволюція – необоротний процес історичних змін живих систем.

Ендоплазматична сітка – система порожнин у вигляді мікроскопічних каналів і вакуоль, що сполучаються між собою й оточені мембраною; *незерниста* (агранулярна) ендоплазматична сітка позбавлена рибосом, на ній синтезуються вуглеводи та ліпіди; *зерниста* (гранулярна) ендоплазматична сітка несе на мембранах рибосоми, за участі яких відбувається синтез білка.

Еукаріоти – організми (рослини, гриби, тварини), клітини яких мають ядро. Становлять окреме надцарство живої природи.

Імунітет – здатність організму протистояти збудникам захворювань і зберігати власну цілісність. *Гуморальний імунітет* виникає внаслідок вироблення антитіл, інтерферонів та інших біологічно активних речовин; *клітинний імунітет* забезпечується здатністю певних видів лейкоцитів до фагоцитозу шкідливих мікроорганізмів і речовин; *вроджений імунітет* формується до моменту народження; *набутий імунітет* виникає в процесі індивідуального розвитку (внаслідок перенесених захворювань, вакцинації або введення лікувальних сироваток).

Інтерфаза – період між двома послідовними поділами клітини або від її останнього поділу до загибелі. Під час інтерфази відбуваються процеси росту, подвоєння ДНК, синтезу білків, АТФ та інших органічних сполук, розмноження мітохондрій і пластид.

Інцистування – процес утворення щільної оболонки (цисти) в деяких одноклітинних і багатоклітинних організмів.

Каріотип – специфічний для кожного виду організмів набір хромосом ядра; характеризується певною кількістю хромосом та особливостями їхньої будови.

Клітина – основна одиниця будови, функціонування та розвитку живих організмів, елементарна біологічна система.

Клітинна стінка – ущільнена надмембранна структура рослин (здебільшого складається із целюлози), грибів (з хітину та інших полісахаридів) та прокаріотів (у бактерій – переважно з муреїну, ціанобактерій – із целюлози).

Клітинний центр – органела, що складається з двох центріолей, які розташовані в ущільненій ділянці цитоплазми; бере участь в утворенні веретена поділу.

Клітинний цикл – період життя клітини від початку одного поділу до іншого або від початку останнього поділу до загибелі; складається з власне поділу та перерви між двома поділами (інтерфази).

Кодон – триплет нуклеотидів, одиниця генетичного коду в молекулі нуклеї-



нової кислоти, яка несе інформацію про певну амінокислоту. Послідовність кодонів у гені визначає послідовність включення амінокислотних залишків у синтезовану молекулу білка.

Комплекс Гольджі – органела еукаріотичної клітини; складається з укритих мембранами плоских цистерн, пухирців і каналців; накопичує, перетворює та виділяє різні речовини, бере участь в утворенні лізосом, клітинних стінок, скоротливих вакуоль та інших структур.

Комплементарність – відповідність послідовностей нуклеотидів у двох ланцюгах молекули ДНК або між нуклеотидами молекул ДНК та РНК, яка на ній синтезується; зумовлена особливостями хімічної будови відповідних нуклеотидів.

Кофактор – небілкова частина складного ферменту. Кофакторами можуть бути неорганічні катіони або аніони, а також органічні речовини (*коферменти*), наприклад похідні вітамінів.

Кофермент – кофактор органічної природи.

Кросинговер (перехрест хромосом) – обмін певними ділянками між гомологічними хромосомами під час кон'югації останніх в профазі першого поділу мейозу. Забезпечує мінливість організмів.

Лейкопласти – безбарвні пластиди різноманітної форми, в яких запасається крохмаль.

Лізосоми – оточені мембраною органели; містять ферменти, здатні розщеплювати різноманітні органічні сполуки, забезпечувати процеси внутрішньоклітинного травлення або перетравлювати групи клітин.

Мейоз – спосіб поділу еукаріотичних клітин, унаслідок якого хромосомний набір зменшується вдвічі; мейоз відбувається шляхом двох послідовних поділів, інтерфаза між якими вкорочена або відсутня. Мейоз забезпечує сталість числа хромосом тих видів організмів, яким притаманне статеве розмноження.

Метаболізм (обмін речовин) – сукупність процесів надходження речовин із зовнішнього середовища, їхнього перетворення в організмі чи окремих клітин та видалення у довкілля продуктів життєдіяльності.

Мінливість – здатність організмів набувати нових спадкових або неспадкових станів ознак протягом життя або історичного розвитку виду.

Мітоз – основний спосіб поділу еукаріотичних клітин; супроводжується утворенням особливого апарату, який забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнської клітини дочірнім; складається з чотирьох послідовних етапів (фаз): профазі, метафазі, анафазі та телофазі.

Мітохондрії – двомембранні органели еукаріотичних клітин різноманітної форми; у них відбувається синтез АТФ.

Настії – рухові реакції частин рослин, які виникають у відповідь на дію подразників довкілля, що не мають певного спрямування, проявляються зміною положення окремих частин рослини.

Нуклеїнові кислоти – біополімери, які складаються з мономерів (нуклеотидів); до них належать дезоксирибонуклеїнові (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК) кислоти.

Органели – постійні компоненти клітини певної будови, які забезпечують певні процеси життєдіяльності.

Піноцитоз – процес поглинання рідин клітинами живих організмів.

Плазматична мембрана (або плазмолема) – біологічна мембрана, що оточує цитоплазму.

Пластиди – органели клітин рослин і деяких одноклітинних тварин, укриті двома мембранами. Залежно від вмісту пігментів поділяються на лейкопласти, хлоропласти та хромопласти.

Пластичний обмін – сукупність реакцій, які забезпечують ріст клітин і організму в цілому та оновлення їхнього хімічного складу; процеси біохімічного синтезу необхідних біологічним системам сполук.

Пріони – модифіковані білкові молекули, звичні для організму, які зазнають змін унаслідок порушення синтезу білків через мутації відповідних генів; спричиняють смертельно небезпечні захворювання людини і тварин.

Прокаріоти – надцарство, до якого належать одноклітинні організми (бактерії, ціанобактерії), клітини яких не мають ядра та більшості інших органел; багато видів здатні утворювати колонії.



Регенерація – процеси відновлення втрачених або ушкоджених частин, а також відтворення цілісного організму з певної його частини (репаративна регенерація); поновлення клітинного складу різних тканин та органів (фізіологічна регенерація).

Ренатурація – процеси відновлення природної структури певних біополімерів (білків, нуклеїнових кислот тощо), порушеної внаслідок денатурації.

Рибосоми – немембранні органели у вигляді сферичних тілець, до складу яких входять рРНК і білки; складаються з двох часток різного розміру (субодиниць) і забезпечують біосинтез білків у клітині.

РНК (рибонуклеїнові кислоти) – нуклеїнові кислоти, до складу нуклеотидів яких входять залишки нітратних основ (аденіну, гуаніну, цитозину, урацилу), рибози та ортофосфатної кислоти. Як правило, вони складаються з одного ланцюга нуклеотидів. Розрізняють транспортні (тРНК), інформаційні, або матричні (іРНК, або мРНК), та рибосомні (рРНК) рибонуклеїнові кислоти. Входять до складу багатьох вірусних частинок.

Синапс – місце контакту між двома нейронами або нейроном та ефекторною клітиною, слугує для міжклітинної передачі нервового імпульсу.

Теплоємність – фізична величина, що визначається кількістю теплоти, яку потрібно надати тілу для підвищення його температури на один градус.

Тилакоїди – внутрішні структури хлоропластів у вигляді сплюснених вакуоль або мішечків.

Транскрипція – етап синтезу білка, під час якого на молекулі ДНК синтезується молекула іРНК.

Трансляція – етап синтезу білка, під час якого послідовність нуклеотидів у молекулі іРНК (яка слугує матрицею) перекладається в послідовність амінокислотних залишків синтезованої молекули білка.

Тропізми – спрямовані ростові рухи органів рослин у відповідь на дію подразника.

Тургор – напружений стан клітинної стінки, зумовлений тиском на неї цитоплазми зсередини клітини. У більшості рослин тургорний тиск становить 5–10 атмосфер, а в клітин грибів і рослин

солонців – 50–100 атмосфер. У тваринних клітин тверда стінка відсутня, а клітинна мембрана нездатна протистояти великій різниці тиску з обох її сторін; тому цей показник зазвичай не перевищує 1 атмосфери.

Фагоцитоз – процес активного захоплення твердих об'єктів деякими клітинами тварин.

Фізіологічний розчин – 0,9 %-й водний розчин натрій хлориду, що відповідає концентрації цієї сполуки в плазмі крові людини.

Фотосинтез – синтез рослинами, деякими прокаріотами та одноклітинними тваринами органічних речовин з неорганічних завдяки перетворенню світлової енергії в енергію хімічних зв'язків синтезованих сполук.

Фототрофи – автотрофні організми, які для процесів синтезу органічних сполук з неорганічних використовують енергію світла.

Функціональна система органів – тимчасове об'єднання дій різних систем органів для здійснення певної життєвої функції.

Хемосинтез – процеси утворення органічних речовин з неорганічних хемотрофами за рахунок енергії, яка звільняється внаслідок окиснення певних неорганічних сполук.

Хемотрофи – види автотрофних прокаріотів, які для синтезу органічних речовин використовують енергію, що звільняється внаслідок хімічних реакцій.

Хлоропласти – пластиди, зазвичай забарвлені в зелений колір завдяки наявності пігментів – хлорофілів; у них відбувається фотосинтез.

Хлорофіли – група пігментів зеленого кольору, які містять Магній; за їх допомогою фотосинтезуючі організми вловлюють енергію світла і здійснюють процеси фотосинтезу.

Хроматида – структурний елемент хромосоми, який формується в інтерфазі внаслідок подвоєння.

Хроматин – ниткоподібні утвори, що становлять комплекси з ядерних білків та нуклеїнових кислот (нуклеопротейдів); з них складаються хромосоми.

Хромопласти – пластиди, забарвлені в різні кольори (жовтий, червоний тощо) завдяки наявності відповідних пігментів.





Хромосоми – внутрішньоядерні структури, здатні до самоподвоєння; до їхнього складу входять молекули ДНК та ядерних білків гістонів.

Цитоплазма – внутрішнє середовище клітини, що міститься між плазматичною мембраною та ядром; становить собою колоїдний розчин органічних і мінеральних речовин та вміщує органели і включення.

Цитоскелет – система мікротрубочок і мікрониток (мікрофіламентів) білкової природи, яка слугує опорою клітини та бере участь у її русі; елементи

цитоскелета забезпечують закріплення органів у певному положенні та їхнє переміщення по клітині.

Ядерця – розміщені в ядрі щільні структури, які складаються з комплексів РНК з білками, внутрішньоядерцевого хроматину та гранул – попередників субодиниць рибосом.

Ядро – складова еукаріотичних клітин, укрита двома мембранами. Регулює процеси синтезу білків, забезпечує зберігання та передачу спадкової інформації дочірнім клітинам.



ЗМІСТ

Дорогі десятикласники!	3
ВСТУП	4
§ 1. Система біологічних наук. Зв'язок біологічних наук з іншими науками	4
Нарис з історії розвитку біологічної науки	7
§ 2. Рівні організації життя	12
§ 3. Методи досліджень у біології. Значення досягнень біологічної науки в житті людини і суспільства	18

РОЗДІЛ І. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ОРГАНІЗМІВ	24
§ 4. Елементний склад організмів	24
§ 5. Роль неорганічних речовин в життєдіяльності організмів	30
§ 6. Функції води в життєдіяльності організмів	34
Практична робота № 1. Визначення вмісту води у власному організмі (виконують учні академічного рівня навчання)	41
Тема 2. Органічні речовини	42
§ 7. Органічні речовини живих істот. Ліпіди	42
§ 8. Вуглеводи: різноманітність, властивості та функції	47
§ 9. Білки: будова та властивості	50
§ 10. Функції білків	55
§ 11. Нуклеїнові кислоти. Властивості та функції РНК. АТФ	60
§ 12. Будова, властивості та функції ДНК	63
§ 13. Біологічно активні речовини. Вітаміни, гормони, фактори росту	67
Лабораторна робота № 1. Визначення деяких органічних речовин та їхніх властивостей	72
Лабораторна робота № 2. Вивчення властивостей ферментів	73
Практична робота № 2. Розв'язання елементарних задач із транскрипції та реплікації	74
Розв'язання елементарних задач із трансляції	74
Розв'язання елементарних задач із репарації	75
Практична робота № 3. Ознайомлення з інструкціями з використання окремих медичних препаратів, засобів побутової хімії тощо та оцінка їхньої небезпеки	75
Практична робота № 4. Оцінка продуктів харчування за їхнім складом	76

РОЗДІЛ ІІ. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ КЛІТИНИ. ПОВЕРХНЕВИЙ АПАРАТ. ЯДРО	79
§ 14. Клітина – основна структурно-функціональна одиниця організмів. Методи цитологічних досліджень	79
§ 15. Будова та функції клітинних мембран	86



§ 16. Надмембранні і підмембранні комплекси клітин.	94
§ 17. Будова та функції ядра клітин еукаріотів. Нуклеоїд прокаріотів.	99
§ 18. Особливості організації каріотипу різних організмів.	103
<i>Лабораторна робота № 3. Будова клітин прокаріотів та еукаріотів.</i>	<i>109</i>
<i>Лабораторна робота № 4. Спостереження явищ плазмолізу та деплазмолізу в клітинах рослин (виконують учні академічного рівня навчання).</i>	<i>109</i>
<i>Лабораторна робота № 5. Мікроскопічна та ультрамікроскопічна будова ядра (виконують учні академічного рівня навчання).</i>	<i>110</i>
Тема 2. ЦИТОПЛАЗМА КЛІТИН.	113
§ 19. Цитоплазма. Клітинні включення.	113
§ 20. Одномембранні органели.	116
§ 21. Двомембранні органели: мітохондрії та пластиди.	122
§ 22. Рибосоми. Органели руху. Клітинний центр.	127
§ 23. Будова клітин прокаріотів. Гіпотези походження еукаріотів.	131
<i>Лабораторна робота № 6. Вивчення будови одномембранних органел.</i>	<i>137</i>
<i>Лабораторна робота № 7. Вивчення будови двомембранних органел.</i>	<i>138</i>
<i>Лабораторна робота № 8. Рух цитоплазми в клітинах рослин.</i>	<i>139</i>
Тема 3. КЛІТИНА ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА.	142
§ 24. Клітинний цикл. Мітоз.	142
§ 25. Мейоз.	147
§ 26. Загальна характеристика обміну речовин і перетворення енергії в клітинах.	153
§ 27. Пластичний обмін. Біосинтез білків і нуклеїнових кислот.	159
§ 28. Хемосинтез і фотосинтез.	165
§ 29. Сучасна клітинна теорія. Можливості та перспективи використання цитотехнологій.	171
<i>Лабораторна робота № 9. Будова хромосом.</i>	<i>176</i>
<i>Лабораторна робота № 10. Мітотичний поділ клітин.</i>	<i>177</i>
<i>Практична робота № 5. Порівняння мітозу і мейозу (виконують учні академічного рівня навчання).</i>	<i>177</i>
<i>Практична робота № 6. Розв'язання елементарних задач із трансляції (виконують учні академічного рівня навчання).</i>	<i>178</i>
РОЗДІЛ ІІІ. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	
Тема 1. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ.	182
§ 30. Будова, хімічний склад і властивості вірусів.	182
§ 31. Розмноження вірусів. Основні етапи взаємодії вірусу і клітини.	187
§ 32. Роль вірусів у природі та житті людини. Вірусні інфекції людини і тварин.	192
§ 33. Профілактика та лікування вірусних інфекцій.	198
§ 34. Віроїди і пріони.	203
Тема 2. ОДНОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ.	208
§ 35. Особливості будови та процесів життєдіяльності прокаріотичних організмів.	208



§ 36. Роль прокаріотів у природі та житті людини	214
§ 37. Особливості організації одноклітинних еукаріотів	220
§ 38. Особливості процесів життєдіяльності одноклітинних еукаріотів	223
§ 39. Роль протистів у природі та господарстві	229
Практична робота № 5. Порівняння симптомів захворювань, які спричиняють віруси і бактерії.	234
Тема 3. БАГАТОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ	236
§ 40. Багатоклітинні еукаріоти	236
§ 41. Тканини рослин	242
§ 42. Тканини людини та тварин. Гістотехнологія	250
§ 43. Органи та системи органів	258
§ 44. Регуляція функцій у багатоклітинних організмів	267
Узагальнення	277
Принципи організації і функціонування молекулярного, клітинного та організмового рівнів життя	277
Лабораторна робота № 11. Будова тканин рослин	277
Лабораторна робота № 12. Будова тканин тварин	278
Короткий словник термінів і понять	280



Навчальне видання

**БАЛАН ПАВЛО ГЕОРГІЙОВИЧ
ВЕРВЕС ЮРІЙ ГРИГОРОВИЧ
ПОЛІЩУК ВАЛЕРІЙ ПЕТРОВИЧ**

БІОЛОГІЯ

10 клас

Рівень стандарту, академічний рівень

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Редактор Людмила Мяківська
Обкладинка, художнє редагування та оформлення Юлії Куш
Технічний редактор Валентина Олійник
Комп'ютерна верстка Олени Білохвост
Коректори Любов Федоренко, Лариса Леуська

**Згідно із Законом України «Про авторське право
та суміжні права» у підручнику частково використано
ілюстрації з таких видань:**

**Raven P. H., Johnson G. B., Losos J. B., Singer S. R. Biology. –
7th ed. – McGraw-Hill, 2005**
**Uno G., Storey R., Moore R. Principles of botany. – 1th ed. –
McGraw-Hill, 2001**
Mader S.S. Biology. – 9th ed. – McGraw-Hill, 2007

Формат 70x100/16. Умовн. друк. арк. 23,4.
Обл.-вид. арк. 21,85. Наклад 203410 (1-й з-д: 1-63390) прим.
Вид. № 1045. Зам. № 180-10.

**Видавництво «Генеза»,
вул. Тимошенка, 2-л. м. Київ, 04212.**
**Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців серія ДК № 25 від 31.03.2000 р.**

Віддруковано з готових позитивів у
ТОВ „Видавництво „Фоліо“
вул. Чубаря, 11, м. Харків, 61002
Свідоцтво серія ДК № 3194 від 22.05.2008 р.