

ВСТУП

§1-2.

СИСТЕМА БІОЛОГІЧНИХ НАУК.

ВЛАСТИВОСТІ ТА РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

• **Біологія** – комплексна наука про живу природу, що 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** і німецький – **Готфрід Тревіранус**.

Протягом попередніх років ви ознайомилися з основами таких біологічних наук, як **ботаніка, мікологія, зоологія, анатомія та фізіологія людини** тощо. Цього року ви дізнаєтеся й про досягнення інших біологічних наук: **біохімії, цитології, вірусології, ембріології, генетики, екології, еволюційного вчення, систематики, палеонтології** та ін. Біологію називають провідною наукою ХХІ 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 хімією виникла **біохімія**, а з фізикою – **біофізика**. **Біогеографія** – комплексна наука про поширення живих організмів на Землі.

Дані біологічних наук про людину (анатомії, фізіології, генетики тощо) слугують теоретичною базою **медицини** (науки про здоров'я людини та його збереження, захворювання, методи їхньої діагностики та лікування). В усіх галузях біології застосовують математичні методи обробки зібраного матеріалу.

У другій половині ХХ 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.

• **Основні властивості, притаманні живій матерії:**

1. Кожна жива істота, або організм, складається з окремих структурно-функціональних одиниць – клітин. Неклітинні форми життя – віруси – паразитують усередині клітин інших організмів.

2. 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.

3. Кожна біологічна система здатна до саморегуляції шляхом підтримання гомеостазу. **Гомеостаз** – здатність біологічних систем зберігати відносну сталість свого складу та властивостей за змін умов навколишнього середовища.

Біологія – наука про життя та його прояви



Ботаніка вивчає рослини, без яких було б неможливе життя на Землі



Екологія досліджує зв'язки різних організмів між собою і з навколишнім середовищем



Зоологія допомагає зрозуміти дивовижний світ тварин



Мікробіологія досліджує організми, які можна побачити тільки за допомогою мікроскопа



Цитологія досліджує будову і життєдіяльність клітин



Мікологія вивчає гриби



Вірусологія вивчає віруси

Мал. 1.1. Різноманітність біологічних наук

4. Живі системи відкриті, тобто здатні до обміну речовин (метаболізму) та енергією з довкіллям.

5. Біологічним системам притаманна здатність до підтримання своєї специфічної структури. Наприклад, до *регенерації* – відновлення втрачених або ушкоджених структур.

6. Характерна риса більшості живих організмів – здатність до рухів. Рух властивий і тваринам і рослинам.

7. Живій матерії притаманна подразливість, тобто здатність сприймати подразники зовнішнього та внутрішнього середовища і певним чином на них реагувати.

8. Для всіх біологічних систем характерна здатність до самовідтворення. Організми здатні утворювати собі подібних, здатні до *розмноження*.

9. Організмам властиві ріст і розвиток. Завдяки *росту* організми збільшують свої розміри та масу. *Розвиток* – це якісні зміни, пов'язані з набуттям нових рис будови та особливостей функціонування.

10. Існування організмів тісно пов'язане зі збереженням спадкової інформації та її передачею нащадкам під час розмноження. Це забезпечує стабільність існування видів. Водночас живим істотам притаманна й мінливість – здатність набувати нових ознак протягом індивідуального розвитку.

11. Біологічні системи здатні до адаптацій – пристосувань до змін, які відбуваються в зовнішньому чи внутрішньому середовищах. Адаптації визначають можливість існування живих істот у різноманітних умовах довкілля.

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

• **Рівні організації живої матерії.** Жива матерія може перебувати на різних рівнях організації, що поступово сформувалися в процесі її еволюції, – від простих до складніших. Розрізняють такі рівні організації живої матерії: молекулярний, клітинний, організовий, популяційно-видовий, екосистемний, або біогеоценотичний, і біосферний.

Кожен рівень організації живої матерії досліджує певна сукупність біологічних наук. **Молекулярний** рівень досліджують *молекулярна біологія, біохімія, генетика, вірусологія*. **Клітинний** рівень організації живої матерії вивчають цитологія, гістологія, анатомія рослин, **організовий** – анатомія, фізіологія, ботаніка, зоологія, бактеріологія тощо. Надорганізові рівні організації живої матерії – **популяції, екосистеми та біосферу** в цілому – вивчає *екологія*.

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

Ключові терміни та поняття: *біологія, гомеостаз, відкрита система, адаптація, популяція, біогеоценоз, колообіг речовин.*

Запитання для самоконтролю. 1. Хто і коли запропонував термін «біологія»? 2. Які основні біологічні науки ви знаєте? 3. Які хімічні елементи найпоширеніші в сполуках живих організмів? 4. Чому біологічні системи належать до відкритих? 5. Що таке гомеостаз? 6. Які ви знаєте рівні організації живої матерії? 7. Дайте визначення *росту та розвитку*.

§ 3.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОЛОГІЇ. ЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ

• **Основні методи біологічних досліджень.** Живу матерію на різних рівнях організації досліджують також різними методами. Основні з яких – порівняльно-описовий, лабораторний, польовий, експериментальний, фізико-хімічні, біохімічні, моніторинг і моделювання. Отримані 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 (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.

• **Значення біології у житті людини.** Бурхливий розвиток наук про життя у другій половині ХХ 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.

За участі учених-біологів досягнуто значного прогресу у своєчасному встановленні причин (діагностуванні) різноманітних захворювань людини, свійських тварин і культурних рослин, їхній профілактиці та лікуванні. 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.

• **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.

Ключові терміни та поняття: моніторинг, моделювання.

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 та завдання сучасної біології? 5. Перерахуйте завдання сучасної біології.

РОЗДІЛ І. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ОРГАНІЗМІВ

§ 4

ЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ОРГАНІЗМІВ

Науку, яка вивчає хімічний склад живих організмів, будову, властивості і роль виявлених у них сполук, їх перетворення, називають **біохімією**.

• **Елементний склад живих організмів.** Хімічний склад організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, **відносно сталий**. З понад 100 різних типів атомів хімічних елементів у живих організмах виявляють майже 60. Одні з них є обов'язковими для усіх організмів, інші – для окремих. Всі вони трапляються і в неживій природі. Це свідчить про єдність 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. 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.

Понад 60 хімічних елементів належать до групи **мікроелементів** (Йод, Кобальт, Манган, Купрум, Молібден, Цинк тощо), їхній вміст у клітині становить від 10^{-12} % до 10^{-3} % (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Деякі хімічні елементи в складі живих організмів

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 та внутрішнього скелетів; вуглекислий газ (CO ₂) необхідний для 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	Забезпечує транспорт сполук крізь мембрани, регулює роботу серця, забезпечує створення електричного потенціалу на мембранах клітин

Сульфур (S)	0,15-0,2	Входить до складу білків (зокрема, кератину) і деяких інших біологічно важливих речовин
Хлор (Cl)	0,05-0,1	Хлоридна кислота – складова шлункового соку людини і багатьох тварин, плазми крові
Кальцій (Ca)	0,04-2,0	Входить до складу зубів, кісток; в йонній формі регулює обмін речовин, скорочення скелетних м'язів, діяльність серця; зсідання крові
Магній (Mg)	0,02-0,03	Входить до складу ферментів, молекули хлорофілу
Натрій (Na)	0,02-0,03	Бере участь у забезпеченні транспорту сполук крізь мембрани; входить до складу плазми крові
Ферум (Fe)	0,01-0,015	Входить до складу 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 безхребетних тварин – гемоціаніну
Флуор (F)	0,0001	Входить до складу емалі зубів
Кобальт (Co)	0,0001	Входить до складу вітаміну B ₁₂ (ціанкобаламіну), нестача якого в організмі призводить до <i>анемії</i>

Хоча вміст мікроелементів в організмах незначний, їхня роль у забезпеченні нормального функціонування організмів може бути важливою. Так, недостатнє надходження Йоду в організм людини може призвести до важких захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, як **мікседеми, кретинізму, ендемічний зоб**. При цьому виробляється менше від норми гормону тироксину. Для профілактики йододефіциту в таких місцевостях йодують сіль. Багато сполук Йоду містять бурі водорості, наприклад ламінарія, або морська капуста.

Ключові терміни та поняття: макроелементи, мікроелементи, органогенні 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. 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, 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? Яке їх біологічне значення?

§ 5.

РОЛЬ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ

Загальний вміст неорганічних речовин (крім води) у різних клітинах ва-ріює в межах від одного до декількох відсотків. Серед неорганічних речовин важливу роль у забезпеченні функціонування окремих клітин і цілісних організмів відіграють вода, неорганічні кислоти, луки 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).

Йони утворені катіонами металічних елементів (Калію, Натрію, Кальцію, Магнію тощо) та аніонами неорганічних кислот.

Різна концентрація йонів Na^+ і K^+ поза клітинами та всередині них приводить до виникнення різниці електричних потенціалів на мембранах. Це забезпечує транспорт речовин через мембрани, а також передачу нервових імпульсів. До складу багатьох ферментів входять йони Ca^{2+} 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 вміст натрій хлориду (0,9 %) у плазмі крові – необхідна складова підтримання гомеостазу нашого організму. Розчин натрій хлориду такої концентрації ще називають *фізіологічним*. Щодоби до організму людини має надходити 12-15 г кухонної солі (NaCl).

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 і сечовому міхурі при відкладанні там кальцієвих солей органічних (сечова та щавлева) або неорганічних (карбонатної чи ортофосфатної) кислот. Унаслідок розвивається *сечокам'яна хвороба*.

Важливі функції виконують в організмі і **неорганічні кислоти**. *Хлоридна кислота* створює кисле середовище в шлунку хребетних тварин і людини, забезпечуючи активність ферментів шлункового соку. За недостатньої кількості хлоридної кислоти у шлунку порушуються процеси перетравлення білків, можливе розмноження великої кількості шкідливих бактерій тощо. Збільшення секреції хлоридної кислоти також небезпечно, зокрема воно спричиняє печію.

Залишки *сульфатної кислоти* забезпечують розчинність та виведенню деяких речовин 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 небезпечне 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.

Для організму людини також шкідливий високий вміст **нітратів** в їжі та воді. 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.

Особливу небезпеку для довкілля становлять **кислотні дощі**, спричинені забрудненням атмосфери сірчистим газом SO₂ (промислові підприємства та автотранспорт викидають в атмосферу понад 160 млн тонн сірчистого газу щорік) та оксидами Нітрогену. При з'єднанні з водою атмосфери ці речовини утворюють сильні неорганічні кислоти. Від кислотних дощів руйнуються екосистеми прісних водойм, гинуть ліси, знижується врожайність ґрунтів.

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?**

§6.

ФУНКЦІЇ ВОДИ В ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ

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 неможливе існування 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*. 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. *Молекула води (H₂O)* складається з двох атомів Гідрогену, сполучених з атомом Оксигену ковалентними зв'язками.

У природі вода буває зв'язаною (при взаємодії з різними речовинами, колоїдами, у капілярах) та вільною.

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.

Під впливом розчинених у ній речовин вода може змінювати свої властивості, зокрема точки температур замерзання (плавлення) і кипіння, що має важливе біологічне значення.

У живих об'єктах вода виконує такі функції:

1. 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.

2. Водний баланс – це певне співвідношення між надходженням і витрачанням води живою системою.

3. Вода визначає фізичні властивості клітин – їхній об'єм і внутрішньоклітинний тиск (тургор).

4. Вода – універсальний розчинник. Речовини, здатні добре розчинятися у воді, називають *гідрофільними* (полярними), нерозчинні – *гідрофобними* (неполярними). Існують й *амфіфільні речовини*, наприклад фосфоліпіди, ліпопротеїди (сполуки ліпідів з білками), багато білків. Одна частина молекули цих сполук виявляє гідрофільні властивості, інша – гідрофобні.

5. Вода відіграє надзвичайно важливу роль у транспорті різних сполук, у складних біохімічних реакціях і процесах теплорегуляції організмів.

• **Водний баланс людини.** Вміст води в організмі людини становить близько 65 %. 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, то така сама її кількість має постійно надходити туди. Шляхи надходження води до організму різні. Це різні напої, близько 1 л води потрапляє 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.

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.

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.

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

Коротко про головне

► Уміст води в організмах становить 60-70 %. Водний баланс – це певне співвідношення між надходженням і витратанням води живою системою.

► Вода утворює основу внутрішнього середовища живих організмів, у якому відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Вода бере безпосередню участь у складних біохімічних реакціях.

► Вода визначає фізичні властивості клітин, їх терморегуляцію і є універсальним розчинником. Вона відіграє важливу роль у транспорті речовин.

► 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?

ТЕМА 2. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

§7. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ЖИВИХ ІСТОТ. ЛІПІДИ

• **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: від одного до декількох мільйонів дальтонів ($1 \text{ дальтон} = 1,67 \times 10^{-24} \text{ г}$).

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).

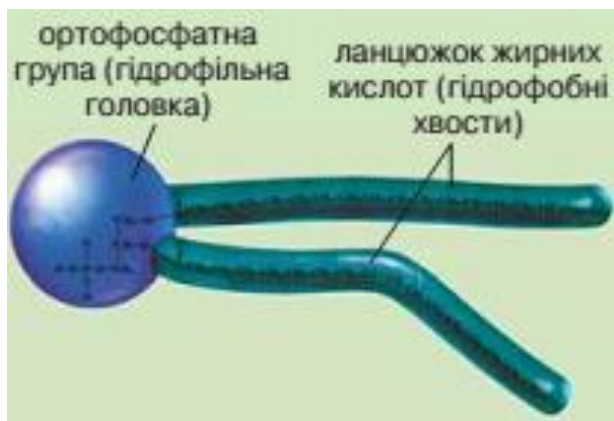
Таблиця 7.1

Основні типи органічних сполук, що входять до складу організмів

Ор.-ні 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, каталізуюча (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, що нерозчинні у воді, але розчиняються в неполярних речовинах (естері, хлороформі, ацетоні, бензині та ін.). Молекулярна маса ліпідів зазвичай становить 50-1500. Більшість ліпідів – похідні вищих жирних кислот, спиртів або альдегідів.

Мал. 7.1. Будова фосфоліпідів

- **Різноманітність ліпідів.** Серед ліпідів розрізняють прості та складні. До **простих ліпідів** належать речовини, які побудовані зі сполучених між собою залишків жирних кислот і спиртів, наприклад жири та воски.

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

Воски виконують здебільшого захисну функцію. У ссавців віск виділяють лосєві залози шкіри: вони надають шкірі еластичності і зменшують зношення волосяного покриву. У птахів віск секретує куприкова залоза, розташована над основою хвоста. Її секрет надає пір'яному покриву водовідштовхувальних властивостей. Восковий шар вкриває листки наземних рослин і поверхню зовнішнього скелета членистоногих, запобігаючи надлишковому випаровуванню води з поверхні тіла. Добре розвинені восковидільні залози у медоносних бджіл-робітниць. З воску бджоли будують стільники. 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).

Один з найвідоміших стероїдів – *холестерин*. Слугує попередником під час синтезу статевих гормонів. У плазмі крові холестерин сполучається з жирними кислотами, які він транспортує. Холестерин синтезують клітини печінки, він входить до складу жовчі. Також може потрапляти в організм і з жирною їжею. Надлишок холестерину внаслідок неправильного харчування або підвищеної функції печінки порушує нормальне функціонування організму людини.

- **Функції ліпідів.** Ліпіди виконують такі біологічні функції:

- **будівельну**, або структурну (входять до складу клітинних мембран, оболонки нервових волокон тощо);
- **резервну** (можуть відкладатися про запас);

- енергетичну (у разі повного розщеплення 1 г жирів виділяється 38,9 кДж енергії);
- 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 Д та деякі інші біологічно активні речовини).

Ключові терміни та поняття: органічні сполуки, макромолекули, біополімери, мономери, 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 скелет молекули.

► До складу клітин входять різні органічні сполуки: ліпіди, вуглеводи, білки, нуклеїнові кислоти тощо. Високомолекулярні органічні сполуки, які складаються з великої кількості ланок (простих молекул – *мономерів*), називають *біополімерами*.

► Ліпіди – переважно гідрофобні органічні сполуки, що нерозчинні у воді, але розчиняються в неполярних розчинниках. 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 і спиртів, наприклад жири, воски. Складні ліпіди – сполуки, утворені внаслідок взаємодії молекул простих ліпідів з іншими сполуками (ліпопротеїди, гліколіпіди, фосфоліпіди).

► Ліпіди виконують такі біологічні функції:

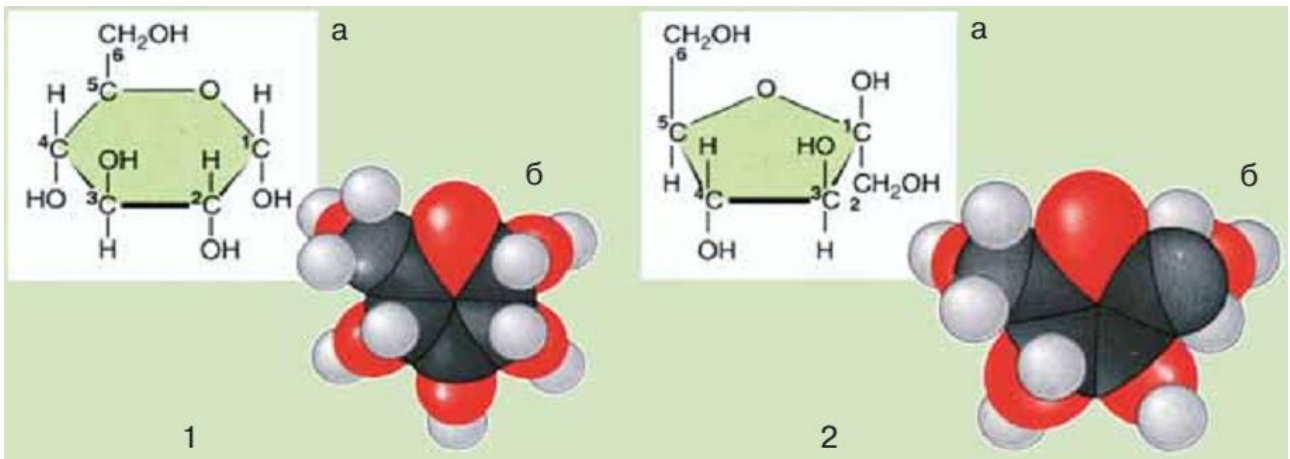
енергетичну; будівельну, або структурну; резервну; захисну; регуляторну.

Запитання для самоконтролю. 1. Які ви знаєте основні класи органічних сполук? 2. Що таке ліпіди? 3. Які основні групи ліпідів вам відомі? 4. Які властивості ліпідів? 5. Які функції ліпідів у живих організмах?

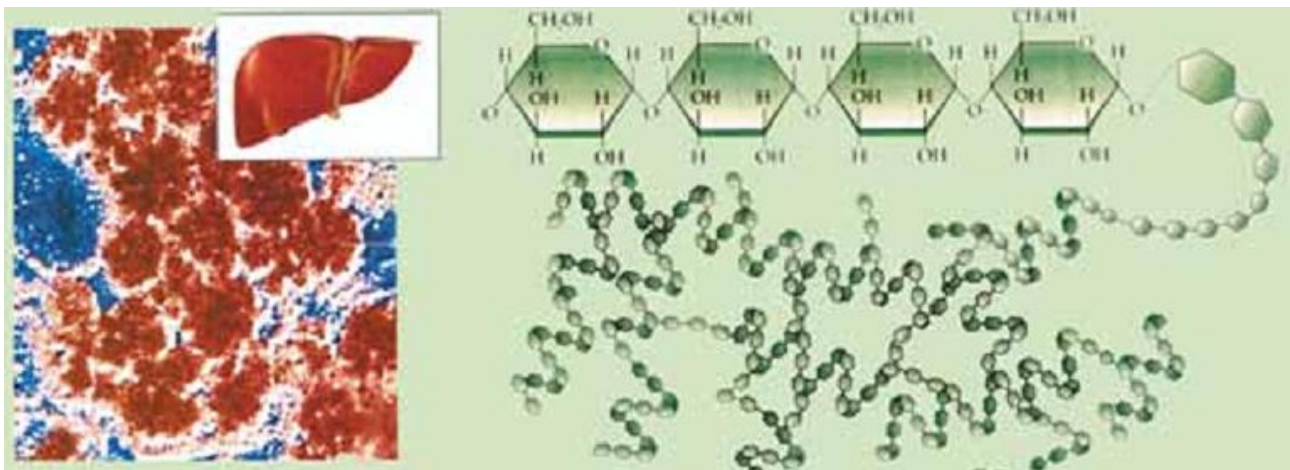
§8. ВУГЛЕВОДИ: РІЗНОМАНІТНІСТЬ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ

Вуглеводи – це сполуки, у яких співвідношення С, Н, О здебільшого відповідають формулі $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, 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 1-5 % сухої маси), а в рослинних клітинах їхній вміст значно більший (до 60-90 %).

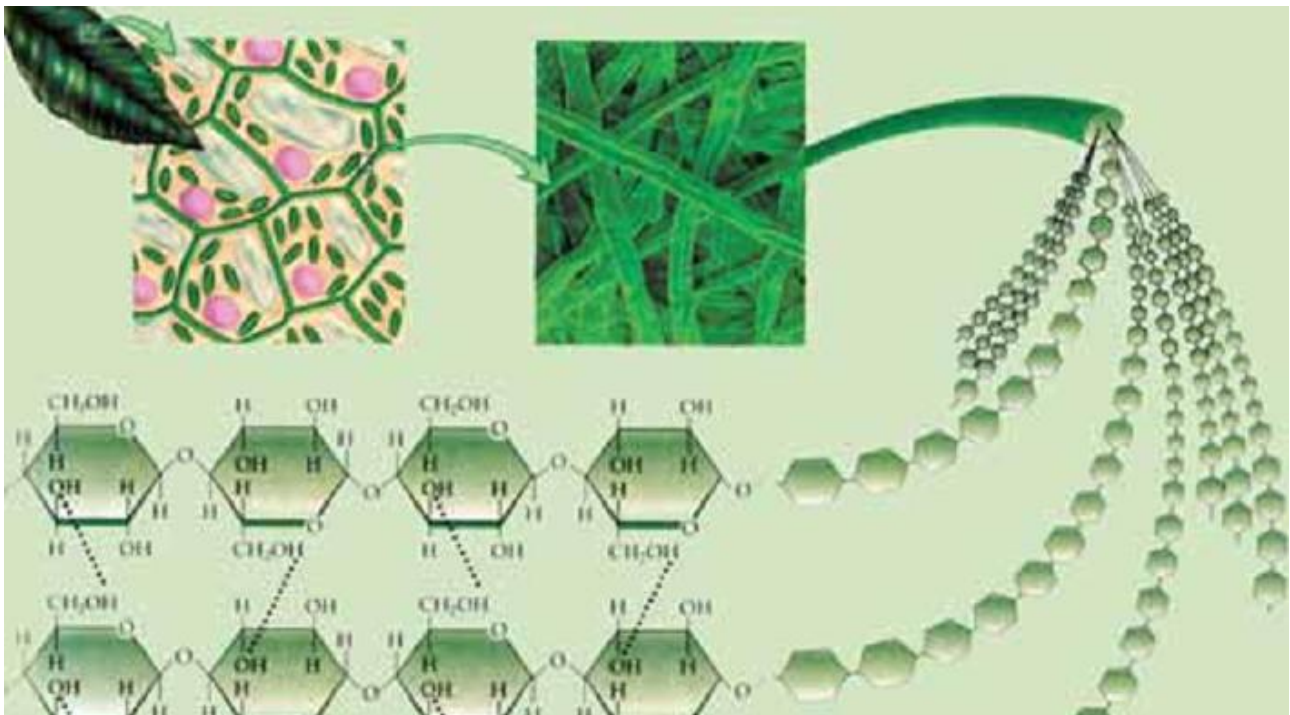
• **Будова і властивості вуглеводів.** Залежно від кількості мономерів, що входять до складу молекул, вуглеводи поділяють на *моносахариди*, *олігосахариди* та *полісахариди*.



A



Б



В

Мал. 8.1. А — моносахариди: глюкоза (1) і фруктоза (2): а — хімічна формула, б — просторова модель; Б — глікоген у клітинах печінки; В — целюлоза у складі клітинних стінок рослин.

Моносахариди здебільшого мають загальну формулу $C_nH_{2n}O_n$. Вони можуть містити від 3 до 10 атомів Карбону: тріози (3 атоми Карбону), тетрози (4), пентози (5), гексози (6) і так далі до декози (10). У природі найпоширеніші гексози та пентози. Прикладами *гексоз* є глюкоза, фруктоза. 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 нуклеїнових кислот. Моносахариди добре розчиняються у воді.

Олігосахариди – полімерні вуглеводи, в яких 2-10 моносахаридних ланок з'єднані ковалентними зв'язками. Зокрема, **дисахариди** утворені сполученням залишків двох молекул моносахаридів. Приклади дисахаридів: *мальтоза* (солодовий цукор) – складається з двох залишків глюкози; *сахароза* (буряковий цукор) – складається із глюкози і фруктози; *лактоза* (молочний цукор) – складається з глюкози та галактози. Вони мають солодкий смак і розчиняються у воді.

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

Приклади полісахаридів: *крохмаль*, *целюлоза*, *глікоген*, *пектин*, *лігнін*, *хітин* та ін. 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 різноманітні (енергетична, резервна, будівельна, транспортна, захисна).

Енергетична функція. 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*. Ці запасні сполуки є резервом поживних речовин.

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

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

Ключові терміни та поняття: моносахариди, олігосахариди, полісахариди.

Коротко про головне

► Вуглеводи — це сполуки Карбону, що здебільшого відповідають формулі $(CH_2O)_n$, де n дорівнює трьом і більше. Деякі вуглеводи містять також

атоми Нітрогену, Фосфору чи Сульфуру. 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 – вуглеводів з ліпідами).

► Функції вуглеводів: енергетична, резервна, будівельна (структурна), транспортна і захисна.

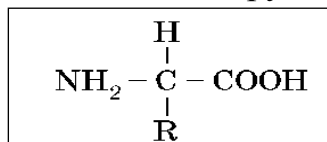
Запитання для самоконтролю. 1. Які речовини відносять до вуглеводів? 2. Які ви знаєте основні класи вуглеводів? Які їхні властивості? 3. Які вуглеводи називають простими, а які - складними? 4. Які основні функції вуглеводів в організмах різних істот? 5. Чим відрізняються вуглеводи і ліпіди?

§ 9. БІЛКИ: БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ

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* (-NH₂), якій притаманні лужні властивості, та *карбокільну групу* (-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. 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.

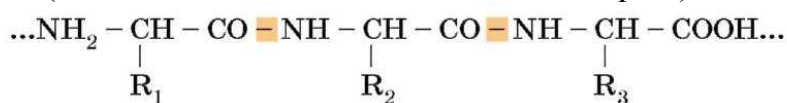
Таблиця 9.1

Назви основних амінокислот та їхні скорочені позначення

Назва амінокислоти	Скор. назва	Назва амінокислоти	Скор. назва
Аланін	Ала	Лейцин	Лей
Аргінін	Арг	Лізин	Ліз
Аспарагін	Асп	Метіонін	Мет
Аспарагінова кислота	Асп	Пролін	Про
Валін	Вал	Серин	Сер
Гістидин	Гіс	Тирозин	Тир
Гліцин	Глі	Треонін	Тре

Амінокислоти поділяють на замінні та незамінні. *Замінні амінокислоти* синтезуються організмами людини і тварин. 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.

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*. 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.

- **Рівні просторової організації білків.** Відомо чотири рівні просторової організації, або *конформації*, білків: первинний, вторинний, третинний і четвертинний.

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.

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 СО-групи іншого. Хоча ці зв'язки значно слабші за пептидні, однак разом вони формують досить міцну структуру.

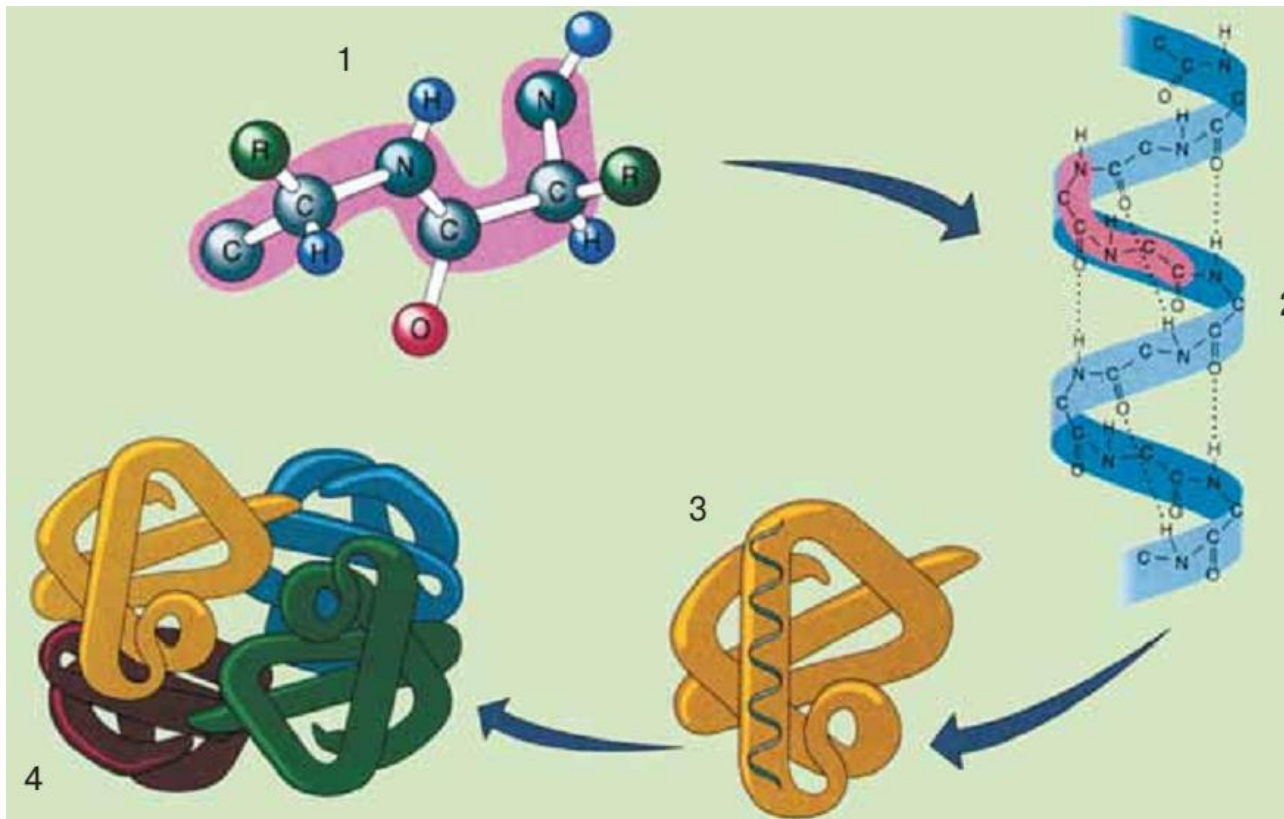
Третинна структура часто нагадує грудку (глобулу) та існує завдяки дисульфідним та іншим типам зв'язків.

Четвертинна структура виникає шляхом об'єднання разом кількох глобул; її забезпечують гідрофобні, електростатичні, водневі та інші зв'язки.

Залежно від хімічного складу білки поділяють на **прості** та **складні**. Прості, 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 **пігментами** – забарвленіми у різні кольори органічними сполуками.

- **Властивості білків.** Функціональні властивості білків зумовлені їхнім амінокислотним складом і просторовою структурою. За формою молекул розрі-

зняють *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.



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

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**. 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**. Необоротний процес руйнування первинної структури білків називають **деструкцією**.

Ключові терміни та поняття: білки, поліпептиди, денатурація, ренатурація, деструкція.

Коротко про головне

► 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.

▶ 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.

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?

§ 10. ФУНКЦІЇ БІЛКІВ

Різноманітність білкових молекул визначає різноманітність їхніх функцій. **В живих організмах білки здійснюють такі 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).

Каталітична функція притаманна особливим білкам – **ферментам**, або **ензімам**, що впливають на перебіг біохімічних реакцій.

Каталіз – зміна швидкості перебігу хімічних реакцій під дією певних хімічних сполук. **Біокаталіз** – здійснюють ферменти (мал. 10.1).

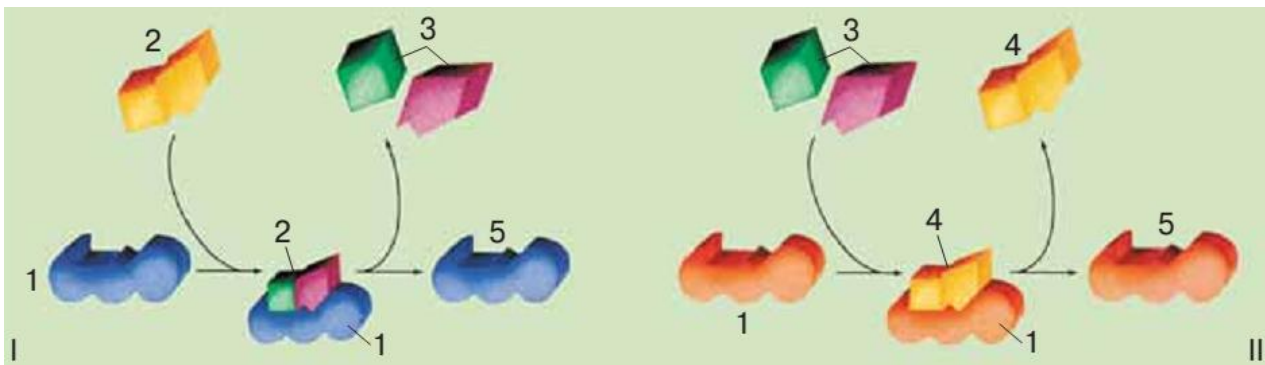
Ферменти бувають простими та складними. **Прості ферменти** – це білкові молекули (пепсин, трипсин тощо), які складаються лише з амінокислотних залишків. **Складні ферменти**, крім білкової частини, містять ще й небілкову, яку називають **кофактором**. Кофакторами можуть бути неорганічні катіони або аніони, а також органічні речовини, наприклад похідні вітамінів.

Каталітична активність ферменту зумовлена невеликою ділянкою молекули – **активним центром**. Його просторова структура відповідає хімічній будові речовин, які вступають у реакцію. Тут відбувається 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.

Ферментативна реакція перебігає в 10^6 - 10^{12} разів швидше, ніж у середовищі без ферментів. За кілька секунд в організмі відбувається складна послідовність реакцій, для проведення якої із застосуванням звичайних хімічних каталізаторів потрібні дні, тижні або навіть місяці та роки.

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, який 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, Арсену, Аргентуму.



Мал. 10.1. 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

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

Ключові терміни та поняття: ферменти, біокаталіз, кофактор.

Коротко про головне

► Різноманітні білкові молекули в живих організмах здійснюють функції: будівельну, або структурну; енергетичну; захисну; сигнальну; скорочувальну, або рухову; резервну; транспортну; регуляторну; каталітичну.

► 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.

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.** Чому білки обумовлюють подразливість організмів?

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

Всі живі істоти здатні зберігати спадкову інформацію і передавати її нащадкам при розмноженні. Цю функцію виконують нуклеїнові кислоти.

• **Нуклеїнові кислоти** – складні високомолекулярні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди. Число нуклеотидів у складі однієї молекули нуклеїнової кислоти може становити від 200 до 200 млн.

Молекула нуклеотиду складається з трьох частин:

залишків нітратної основи, п'ятивуглецевого моносахариду (пентози) та ортофосфатної кислоти (мал. 11.1, 11.2).

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**). Отже, тимін міститься лише в молекулах ДНК, тоді як урацил – тільки в молекулах РНК.

Молекулам нуклеїнових кислот, як і білкам, притаманні різні рівні просторової організації: первинний, вторинний, третинний і четвертинний.

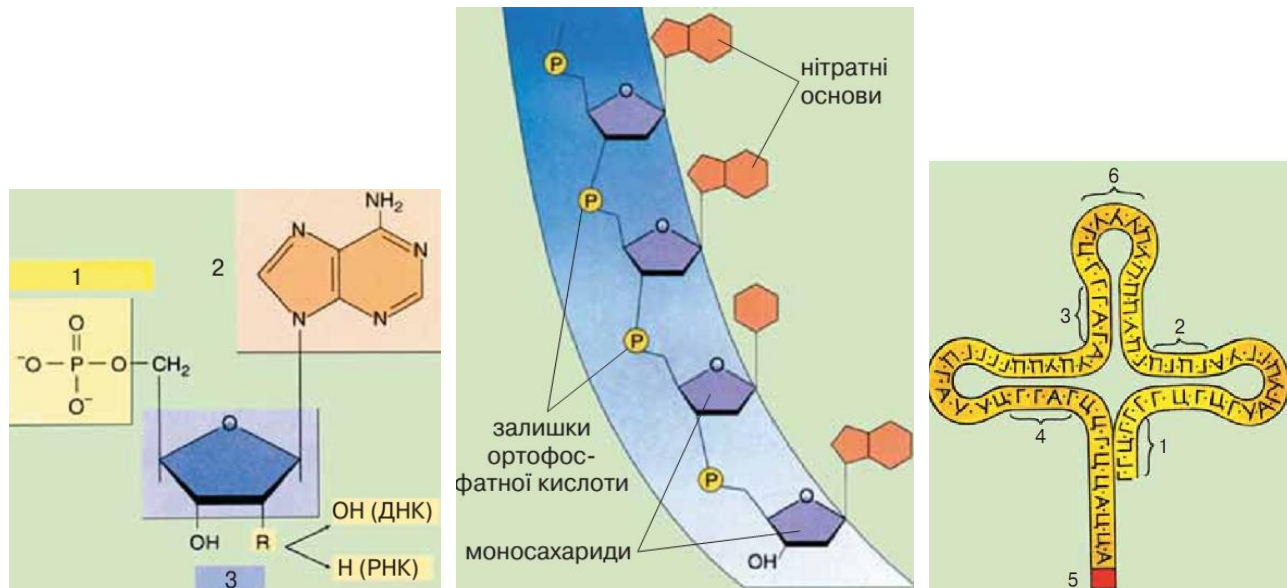
• **Типи РНК.** Молекули РНК клітин прокариотів та еукаріотів складаються з одного ланцюга. Існують три основні типи РНК, які відрізняються за місцем розташування у клітині, розмірами та функціями.

Інформаційна, або матрична, РНК (іРНК, або мРНК) становить 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 може мати вторинну структуру, що за формою нагадує листок конюшини, або латинську літеру «L». Біля верхівки «листка» містяться три нуклеотиди, або **триплет**, який за генетичним кодом відповідає певній амінокислоті. Цей триплет називають **антикодоном**. Біля основи молекули тРНК є ділянка, до якої приєднується відповідна амінокислота (мал. 11.3).

Транспортна РНК приєднує одну з амінокислот відповідно до свого антикоду і транспортує їх до місця синтезу білкових молекул. Там молекула тРНК «впізнає» комплементарну ділянку іРНК. Ця ділянка – послідовність з трьох нуклеотидів, яка кодує дану амінокислоту. Таким чином визначається порядок розташування амінокислотних залишків у молекулі білка, що синтезується. Кожну з амінокислот транспортує до місця синтезу білка своя тРНК.

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.



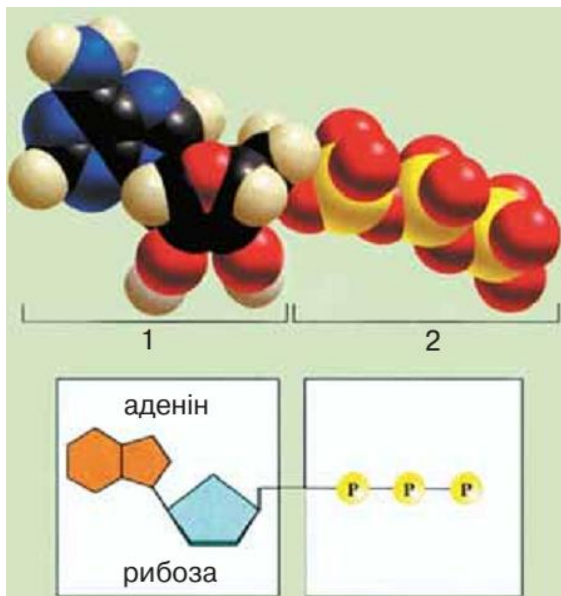
Мал. 11.1. Будова нуклеотиду: 1 – залишок ортофосфатної кислоти; 2 – нітратна основа; 3 – моносахариди (пентоза)

Мал. 11.2. Схема будови нуклеїнової кислоти

Мал. 11.3. Будова тРНК: 1-4 – комплементарне з'єднання нуклеотидів; 5 – ділянка, до якої приєднується амінокислота; 6 - 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. 11.4). 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. 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 1-го чи 2-х залишків ортофосфатної кислоти запасається близько 40 чи 80 кДж енергії. Молекула АМФ таким чином перетворюється на молекулу АТФ.



Отже, молекули АТФ служать універсальним хімічним аккумулятором 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. 11.4. Молекула АТФ: 1 – аденозин; 2 – триортофосфат

Ключові терміни та поняття: нуклеотиди, нуклеїнові кислоти.

Коротко про головне

► 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 рибонуклеїнову (РНК). До складу ДНК входить залишок пентози дезоксирибози, до складу РНК – рибози.

► У молекулах РНК містяться чотири типи нуклеотидів: з аденіном (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).

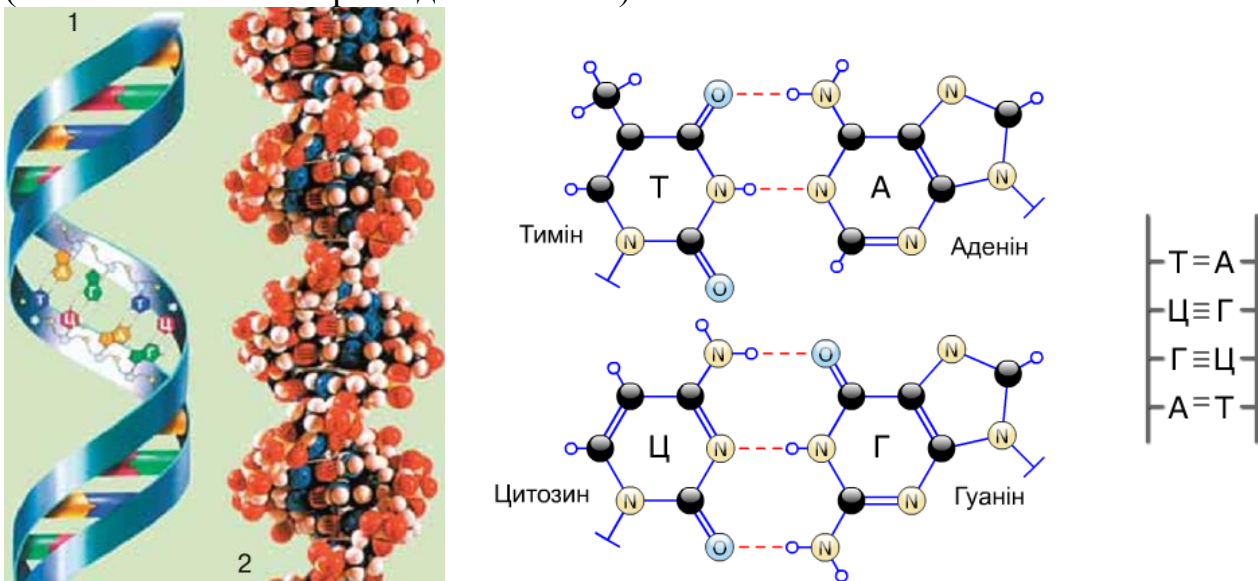
► Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) – універсальний хімічний аккумулятор енергії в клітинах.

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?

§ 12. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ ДНК

• **Будова ДНК.** Молекули ДНК у клітинах еукаріотів містяться в ядрі, пластидах і мітохондріях, а прокаріотів – в особливих ділянках цитоплазми.

Молекула ДНК складається з двох ланцюгів нуклеотидів, які сполучаються між собою за допомогою водневих зв'язків (мал. 12.1). Ці зв'язки виникають між двома нуклеотидами, які ніби доповнюють один одного за розмірами. Встановлено, що залишок аденіну (**A**) нуклеотиду одного ланцюга молекули ДНК завжди сполучається із залишком тиміну (**T**) нуклеотиду іншого ланцюга (між ними виникає два водневі зв'язки), а гуаніну (**G**) – з цитозином (**C**) (між ними виникає три водневі зв'язки).



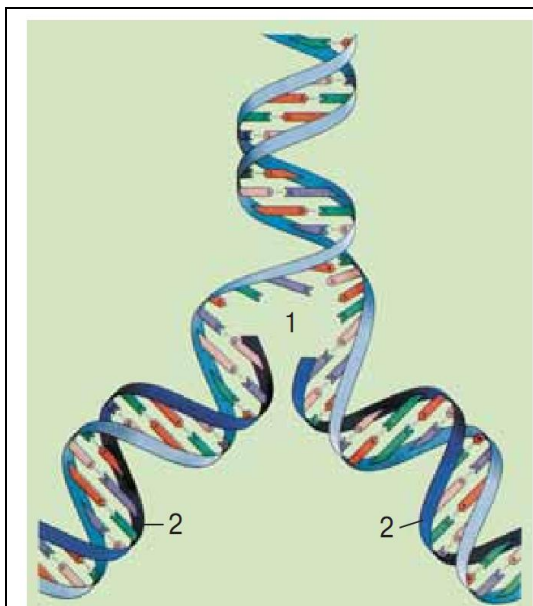
Мал. 12.1 Молекула ДНК: 1 схема будови; 2 – просторова модель. Зверніть увагу: між комплементарними нуклеотидами Г-Ц утворюються три водневі зв'язки, а між А-Т – лише два. Обидва ланцюги ДНК закручені навколо спільної осі, а також один навколо іншого

Чітка відповідність нуклеотидів у двох ланцюгах ДНК має назву **комплементарність**. При цьому два ланцюги нуклеотидів обвивають один одного, створюючи закручену вправо спіраль діаметром приблизно 2 нм [$1 \text{ нм (нанометр)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$]. Так виникає вторинна структура молекули ДНК, тоді як первинна – це певна послідовність залишків нуклеотидів, розташованих у вигляді подвійного ланцюга.

Молекули ДНК у клітині становлять компактні структури. Це відбувається завдяки тому, що дволанцюгова спіраль ДНК зазнає подальшого просторового ущільнення, формуючи третинну структуру – супер-спіраль. 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, **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.

Важлива властивість молекул ДНК – їхня здатність до самоподвоєння. Це явище ще називають **реплікацією**. Воно ґрунтується на принципі комплементарності. При цьому ланцюг материнської молекули ДНК слугує **матрицею**.



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 дочірнім.

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

• **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. Цей процес називається **транскрипцією**.

Одиницею спадковості всіх організмів є **ген** – ділянка молекули ДНК, який несе спадкову інформацію про структуру певного білка або нуклеїнової кислоти. Гени поділяють на **структурні**, які кодують структуру білків і рибонуклеїнових кислот, та **регуляторні**, що слугують місцем приєднання ферментів та інших біологічно активних речовин.

Структурні гени мають мозаїчну будову: ділянки генів, які кодують спадкову інформацію, називають **екзонами**, ті, що не кодують, – **інтронами**.

Кількість генів у різних організмів значно коливається. Сукупність генетичної інформації, закодованої в генах певної клітини або цілісного організму, має назву **геном**. Це цілісна інтегрована система, де окремі гени взаємодіють між собою.

Зараз відомо, що кількість ДНК в ядрі еукаріотів значно перевищує ту кількість, що кодує гени. 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.

Дослідження показало, що ушкоджені молекули ДНК здатні відновлюватися. При цьому за участі специфічних ферментів ушкоджені ділянки ДНК вирізаються, а на їхньому місці за допомогою іншого ферменту відновлюється відповідна послідовність нуклеотидів. Ще один фермент допомагає вбудувати відновлений фрагмент у ланцюг ДНК. Цей процес дістав назву **репарація**.

Ключові терміни та поняття: ДНК, принцип комплементарності, гени структурні та регуляторні, екзони та інтрони.

Коротко про головне

▶ 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.

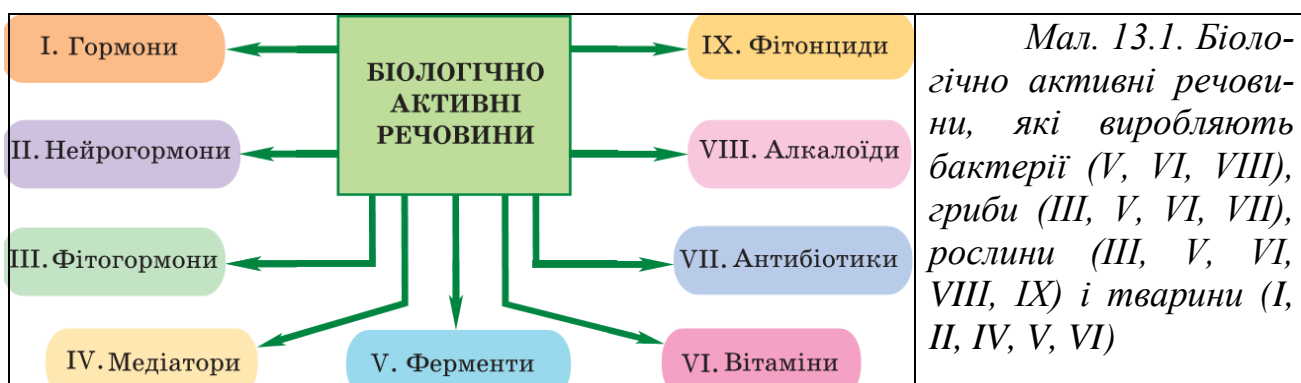
▶ Основні функції ДНК – це кодування, збереження та реалізація спадкової інформації, передача її дочірнім клітинам при розмноженні.

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

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 гени? 6. Яка будова структурних генів?

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

• **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, нейрогормони, 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. Додаткова потреба людини у вітамінах становить міліграми, а іноді – й мікрограми.

Наразі відомо приблизно 20 різних вітамінів і вітаміноподібних сполук, які по-різному впливають на організми. Вони є життєво необхідними компо-

нтами 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, В₆, В₁₂).

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).

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

Коротко про головне

► 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 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.

Запитання для самоконтролю. 1. Які групи біологічно активних речовин вам відомі? 2. Що таке вітаміни? 3. Чому за порушення кількості вітамінів в організмі людини спостерігаються порушення обміну речовин? 4. Які основні властивості гормонів і нейрогормонів? 5. Які БАР синтезують рослини, тварини? 6. Що таке медіатори? Яка їхня роль в організмі?

РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. СТРУКТУРА КЛІТИНИ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

§ 14.

КЛІТИНА – ОСНОВНА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОДИНИЦЯ ОРГАНІЗМІВ

Живі істоти складаються з клітин. Виняток становлять віруси, які більшість учених вважає неклітинною формою життя.

• **Основні етапи дослідження клітин.** Будову та процеси життєдіяльності клітини вивчає наука *цитологія*. Хронологія основних подій у цій галузі подана у таблиці.

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 1833 року запропонував саму назву «ядро»
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.
1858 р.	Рудольф Вірхов довів, що клітини виникають внаслідок розмноження («усяка клітина – із клітини»)
1882 р.	Ілля Мечников відкрив явище фагоцитозу в лейкоцитів і пов'язав із цим захисні властивості організмів
1898 р.	Камілло Гольджі описав органелу, яку згодом назвали на його честь «комплексом Гольджі»
1949 р.	Крістіан де Дюв описав лізосоми
1952 р.	Ф. Сьостранд і Д. Пелед встановили внутрішню будову мітохондрій
1954 р.	Джордж Пелед відкрив рибосоми, а 1956 року він з'ясував призначення зернистої ендоплазматичної сітки
1962 р.	Маршал Ніренберг , Северо Очоа та Хар Гобінд Хорана розшифрували генетичний код
1966 р.	Джонатан Сінгер запропонував «рідинно-мозаїчну» модель будови плазматичної мембрани
1971 р.	Ел Сазерленд був удостоєний Нобелівської премії за дослідження механізмів транспорту речовин крізь плазматичні мембрани

Сучасні дослідження в галузі цитології спрямовані насамперед на вивчення найдрібніших органел і структур. 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 здійснюються за допомогою цього приладу, називають *світловою мікроскопією*. Сучасні світлові мікроскопи можуть забезпечувати збільшення до 2-3 тис. разів.

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

Поверхні клітин, окремих органел тощо можна вивчати методом *сканувальної електронної мікроскопії*. Постійно мати у своєму розпорядженні клітини різних типів дає змогу *метод культури клітин*. *Метод мічених атомів*, або *авторадіографія*, дає змогу з'ясувати місце та перебіг певних фізико-хімічних явищ у клітині.

• **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* ці методи використовують для виявлення злоякісних і доброякісних пухлин. Розроблено цитологічні методики розпізнавання *захворювань крові, травної системи, нирок, легень, шкіри* тощо.

• **Клітина - основна структурно-функціональна одиниця всіх 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.

• **Організація клітин.** *Організація клітин усіх живих організмів підпорядкована єдиним закономірностям.* Усі клітини складаються з поверхневого апарату та цитоплазми. Залежно від наявності ядра всі організми поділяють на два надцарства: **Прокаріоти** та **Еукаріоти**. Клітини прокаріотів не мають ядра і досить просто організовані. Клітини еукаріотів – грибів, рослин і тварин – організовані складніше і обов'язково мають ядро. Клітини еукаріотів, хоча й організовані подібно, також мають певні відмінності. (таблиця 14.1)

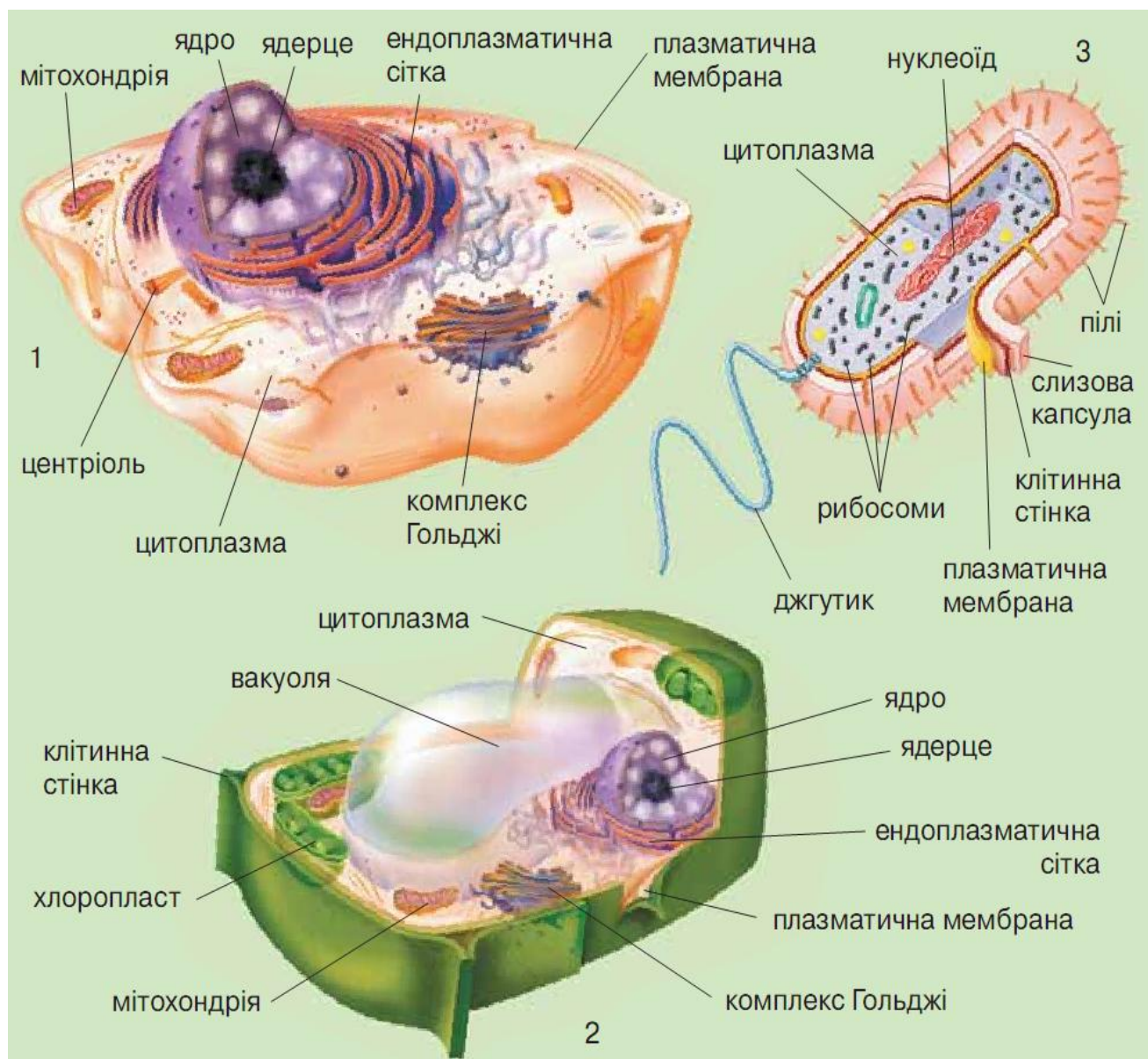
Таблиця 14.1

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 (не-справжні ніжки)	Наявні в певних типів клітин багатоклітинних та деяких однокл.-них	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.



Мал. 14.1. Будова клітин: тваринної (1); рослинної (2); бактеріальної (3)

Внутрішнє середовище клітини – це **цитоплазма**. 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**. Це система білкових утворів – мікротрубочок і мікрониток, яка виконує опорну функцію, забезпечують певне розташування і переміщення органел.

Органели – постійні клітинні структури. 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 мем-

бранної 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.

Ключові терміни та поняття. Цитоплазма, цитоскелет, органели.

Коротко про головне

► Клітина – основна структурно-функціональна одиниця всіх живих організмів, елементарна біологічна система.

► Клітини складаються з поверхневого апарату та цитоплазми. До складу поверхневого апарату 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: світло ву та електронну мікроскопію, авторадіографію, центрифугування, метод культури клітин тощо.

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?

§ 15.

БУДОВА КЛІТИН ПРОКАРІОТІВ

• **Будова клітин прокаріотів** (мал. 15.1). Протягом 3,8-2,5 млрд років тому, коли ще не було ані рослин, ані тварин чи грибів, на нашій планеті існували лише прокаріоти.

Прокаріоти – надцарство організмів, до складу якого входять царства Археї (Архебактерії) та Справжні бактерії (Еубактерії). До справжніх бактерій належать власне бактерії та ціанобактерії.

Коротко про головне

► 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.

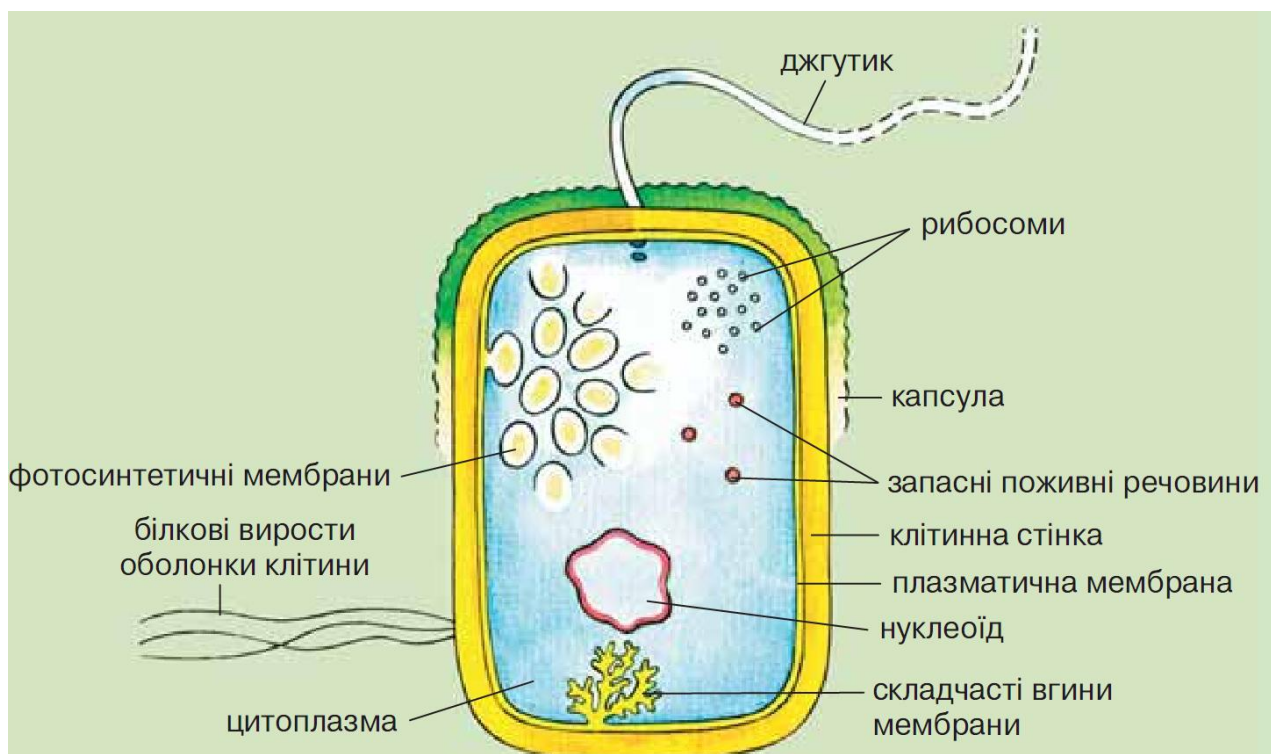
► Поверхневий апарат клітин прокаріотів включає плазматичну мембрану, клітинну стінку, іноді – розміщену над нею слизову капсулу. До складу клітинної стінки більшості бактерій входить високомолекулярна органічна сполука муреїн, яка надає їй жорсткості.

► 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.

Запитання. 1. Чим клітини прокаріотів за будовою відрізняються від клітин еукаріотів? **2.** Яка будова поверхнього апарату клітин прокаріотів? **3.** Які внутрішньоклітинні структури є в прокаріотів?



Мал. 15.1. Схема будови клітини прокаріотів

§ 16.

БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ КЛІТИННИХ МЕМБРАН

• **Система мембран клітини.** Усі клітини сформовані системою **біологічних мембран**, які відіграють важливу роль у їхньому функціонуванні. 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 окремо 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.

• **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. 16.1.). Основним функціональним компонентом біологічних мембран є білки. Розрізняють *поверхневі, внутрішні та інтегральні* (перетинають мембрану наскрізь) білки. Вуглеводи входять до складу мембран лише у комплексах з молекулами білків або ліпідів.

30 % ліпідів міцно пов'язані з білками, а решта – перебувають у рідкому стані. Білково-ліпідні комплекси наче «вкраплені» в рідку ліпідну масу, нагадуючи мозаїку. Така модель будови біологічних мембран дістала назву **рідинно-мозаїчної** (мал. 16.1, II).

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.

• **Функції плазматичної мембрани.** Плазматична мембрана, яка оточує цитоплазму, міцна та еластична і визначає розміри і форму клітини. Вона виконує насамперед **захисну функцію**: оберігає внутрішнє середовище клітини від несприятливих впливів та чужорідних речовин (білки-антитіла). Отже, плазматична мембрана є однією з ланок захисних реакцій організму.

Мембрани здійснюють **ферментативну** та **сигнальну функцію**. Так, у плазматичну мембрану вбудовані ферменти і сигнальні білки, здатні у відповідь на дію різних факторів змінювати свою просторову структуру і передавати сигнали до клітини. Отже, мембрани забезпечують подразливість організмів та перебіг ферментативних реакцій.

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).

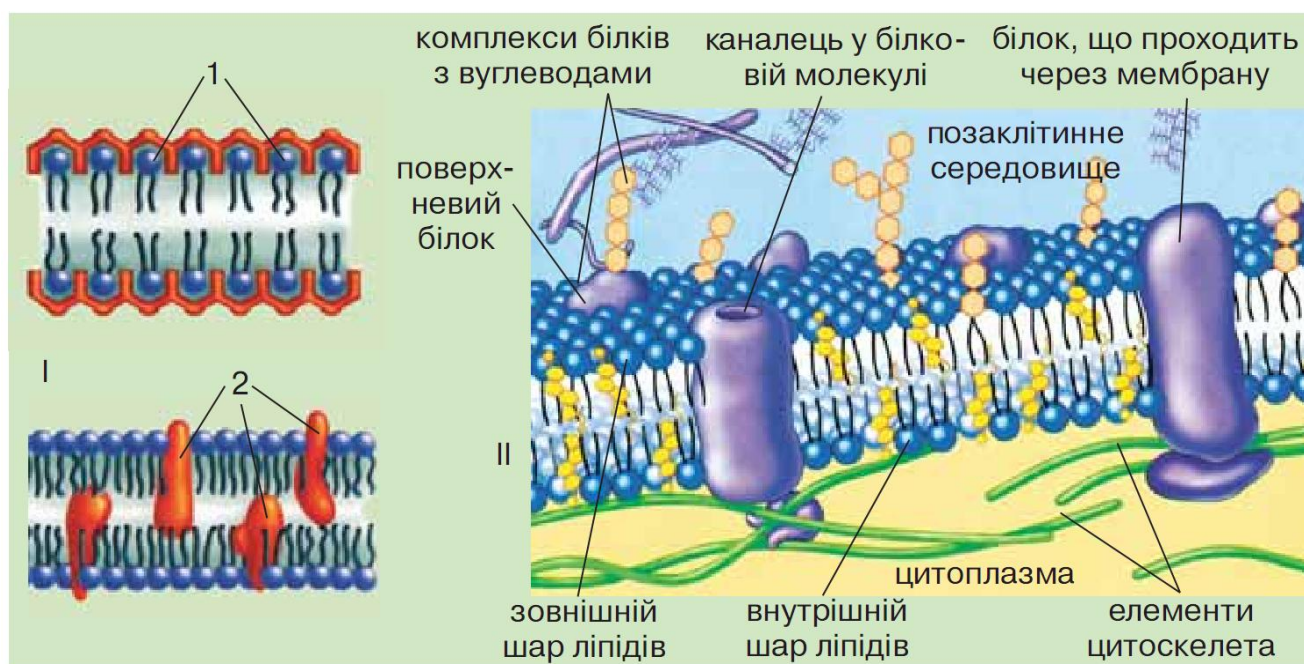
Плазматичні мембрани **забезпечують міжклітинні контакти в багатоклітинних організмах** (складки або вирости, десмосоми, плазмодесми), а також **опору** – до білків мембрани прикріплюються елементи цитоскелета.

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

продукти обміну речовин проникають крізь плазматичну мембрану за допомогою пасивного чи активного транспорту.

Пасивний транспорт забезпечує вибіркоче проникнення речовин крізь 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 енергія не витрачається. Існують різні механізми, що забезпечують пасивний транспорт. Зокрема, дифузія, осмос, полегшена дифузія.

Дифузією називають процес, за якого молекули вільно рухаються крізь певні ділянки мембрани в напрямку меншої їх концентрації. Цей процес відбувається без витрат енергії.



Мал. 16.1. Будова плазматичної мембрани: I – схема розташування в мембрані ліпідів (1) і білків (2); II – рідинно-мозаїчна модель

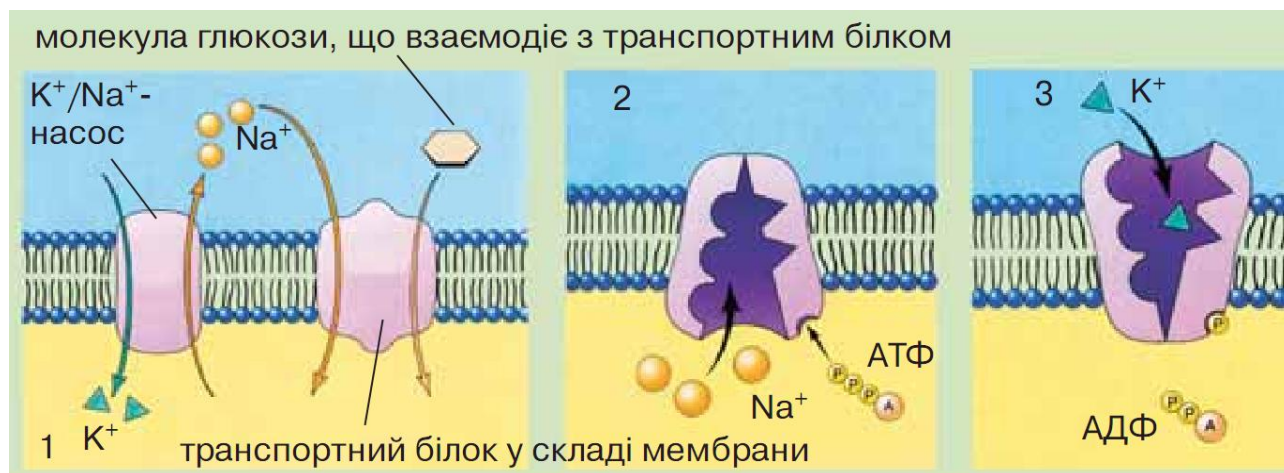
Полегшена дифузія – це проникнення через мембрану певних молекул за допомогою мембранних білків-переносників, які пронизують мембрану. Ці білки взаємодіють з певними молекулами на одній з поверхонь мембрани і внаслідок зміни своєї просторової структури транспортують їх на інший бік.

Активний транспорт речовин крізь біологічні мембрани, на відміну від пасивного, здійснюється проти **градієнта концентрації** (це хімічна міра зростання або зменшення концентрації певної речовини). Він пов'язаний зі значними витратами енергії, акумульованої в молекулах АТФ.

Один з механізмів активного транспорту речовин крізь мембрани назвали **калій-натрієвою помпою** (мал. 16.2). Він підтримує на постійному рівні високу концентрацію йонів Калію і низьку – йонів Натрію всередині клітини. Назовні, навпаки, Калію мало, а Натрію багато. Тому унаслідок дифузії йони Натрію постійно надходять у клітину, а Калію – виводяться з неї. Але концентра-

ція цих йонів у живій клітині й поза нею ніколи не вирівнюється, оскільки існує особливий механізм, завдяки якому йони Натрію виходять («випомповуються») з клітини, а Калію – надходять («закачуються») до неї. Цей процес потребує витрат енергії.

Біологічне значення калій-натрієвої помпи полягає в тому, що завдяки їй 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.



Мал. 16.2. Схема активного транспорту за участі калій-натрієвої помпи.

1. Калій-натрієва помпа спряжена з транспортом низькомолекулярних сполук до клітини. **2.** Йони Na⁺ виводяться з клітини, де їхня концентрація нижча, ніж у навколишньому середовищі. **3.** Йони K⁺ «запомповуються» до клітини, де їхня концентрація вища, ніж у позаклітинному середовищі

Існує ще один механізм транспорту речовин крізь мембрани – **цитоз**. Розрізняють два основні види цитозу: екзо- та ендоцитоз. **Ендоцитоз** – це процес надходження речовин до клітини. Він може відбуватися у вигляді фаго- та піноцитозу. **Фагоцитоз** – це активне захоплення твердих частинок органічних сполук, дрібних клітин тощо, а **піноцитоз** – процес поглинання клітиною рідини разом з розчиненими в ній сполуками.

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

Ключові терміни та поняття. Рідинно-мозаїчна модель будови клітинних мембран, калій-натрієва помпа, піноцитоз, фагоцитоз.

Коротко про головне

► 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.

► 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: на зовнішній або на внутрішній поверхнях мембран, заглиблені у товщу мембрани або перетинають мембрану наскрізь. Мембранні вуглеводи утворюють комплекси з молекулами білків або ліпідів. Сучасна модель будови біологічних мембран дістала назву рідинномозаїчної.

► Цитоплазму оточує міцна та еластична плазматична мембрана, яка визначає розміри клітин. Вона виконує різноманітні функції: захисну, опорну, забезпечення процесів обміну речовин з навколишнім середовищем, сигнальну, ферментативну, транспорту речовин, контактів із сусідніми клітинами тощо.

► Різні речовини перетинають плазматичну мембрану за допомогою механізмів пасивного чи активного транспорту. Прикладом пасивного транспорту є дифузія. Активний транспорт крізь біологічні мембрани пов'язаний зі значними витратами енергії і здійснюється за допомогою калій-натрієвої помпи чи цитозу. Розрізняють два основні види ендоцитозу: фаго- і піноцитоз.

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?

§ 17.

НАДМЕМБРАННІ І ПІДМЕМБРАННІ КОМПЛЕКСИ КЛІТИН

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 волоконцець 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 (*плазмодесми*).

► Надмембранні комплекси тваринних клітин представлені глікокаліксом. Цей тоненький шар (у декілька десятків нанометрів завтовшки) складається-

ся 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 глікокалікс? Які його функції? 4. Що таке цитоскелет? Які його функції? 5. Що таке пелікула?

§ 18.

БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ ЯДРА КЛІТИН ЕУКАРІОТІВ. НУКЛЕОЇД ПРОКАРІОТІВ

• **Ядерні та без'ядерні клітини еукаріотів.** 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 савців, ситоподібні трубки вищих рослин. У таких клітинах ядро формується на початкових етапах розвитку, а потім руйнується.

У багатьох клітин є лише одне ядро, але є клітини, які містять декілька або багато ядер (інфузорії, деякі водорості, гриби, посмуговані м'язові волокна тощо). Це пояснюється тим, що 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 є від двох до кількох тисяч ядер.

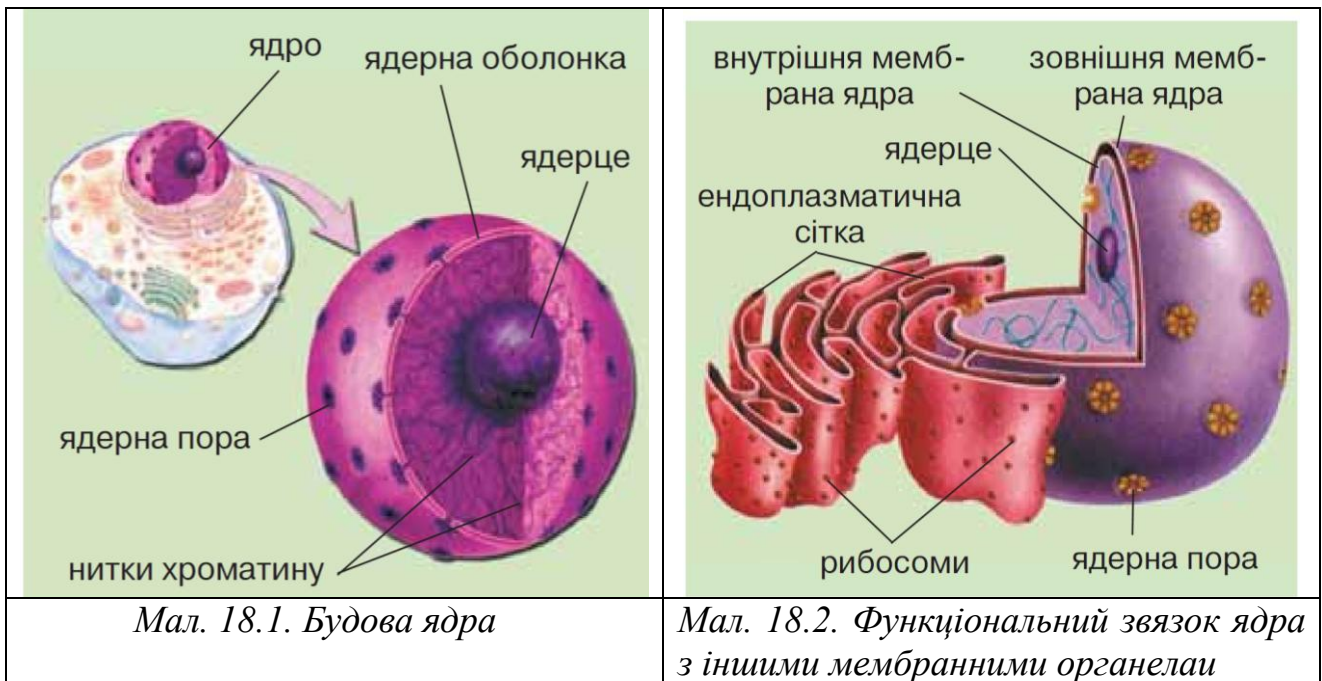
• **Будова ядра.** Форма ядра достатньо різноманітна. Найчастіше воно кулясте або еліпсоподібне, рідше – неправильної форми (лейкоцити). Розміри ядер варіюють від 1 мкм до 1 мм (яйцеклітини).

Ядро складається з поверхневого апарату і внутрішнього середовища (матриксу, мал. 18.1). **Поверхневий апарат ядра** утворений двома мембранами – зовнішньою та внутрішньою, між якими є заповнений рідиною щілиноподібний простір від 20 до 60 нм завширшки. Але в деяких місцях зовнішня мембрана сполучена з внутрішньою навколо мікроскопічних отворів – *ядерних пор* діаметром близько 100 нм. Отвір пори заповнений особливими глобулярними (кулястими) чи фібрилярними (нитчастими) білковими структурами. Сукуп-

ність пор та їх білків називають *комплексом ядерної пори*. Комплекс ядерної пори забезпечує регуляцію транспорту речовин, здійснює їхнє впізнавання та сортування.

Поверхневий апарат ядра функціонально контактує з мембранами ендоплазматичної сітки (мал. 18.2). На поверхні зовнішньої ядерної мембрани може бути розташована велика кількість рибосом.

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



Ядерний сік (*каріоплазма*, або *нуклеоплазма*) за будовою та властивостями нагадує цитоплазму. У каріоплазмі є білкові фібрили (нитки). 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. Функції ядерця полягають в утворенні рРНК і складових рибосом, які згодом виходять у цитоплазму.

• **Функції ядра.** 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. В ядрі за участі ядерця утворюються складові ри-

босом, 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.

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

Коротко про головне. 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. 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 у поєднанні з ядерними білками.

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?

§ 19.

ЦИТОПЛАЗМА. КЛІТИННІ ВКЛЮЧЕННЯ

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

• **Цитозоль і його функції.** *Цитозоль*, або *гіалоплазма*, – частина цитоплазми, що становить собою безбарвний водний розчин органічних і неорганічних речовин. З органічних сполук у цитозолі є білки, амінокислоти, моно-, оліго- та поліцукри, ліпіди, різні типи РНК тощо, а з неорганічних – катіони металів (зокрема, Ca^{2+} , K^{+}), аніони карбонатної та ортофосфатної кислот, Cl^{-} та ін.

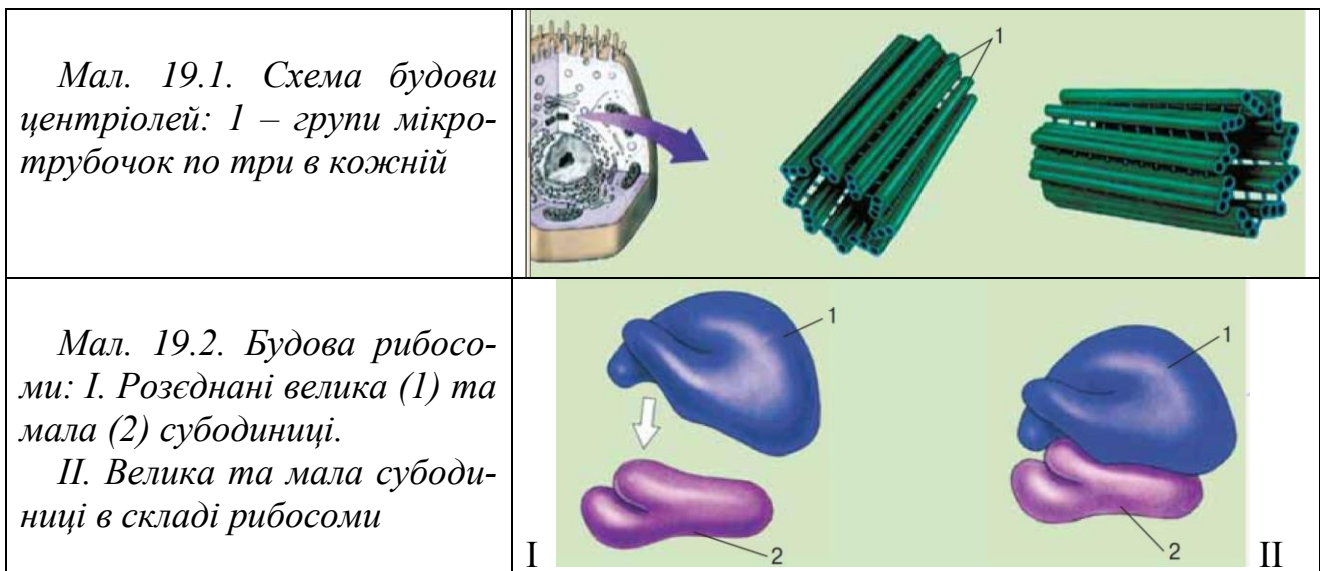
Цитозоль може перебувати в рідкому (*золь*) або драглистому (*гель*) станах. Фізичний стан цитозолу впливає на швидкість перебігу біохімічних процесів: чим він густіший, тим повільніше відбуваються хімічні реакції. Важливим показником цього стану є концентрація в цитозолі йонів Гідрогену (рН), від якої, зокрема, залежить активність певних ферментів.

Внутрішнє середовище клітини об'єднує в єдину функціональну систему всі клітинні структури, забезпечуючи їхню взаємодію. У цитозолі відбуваються транспорт і частина процесів обміну речовин, синтез білків і підтримання життєдіяльності. Цитозоль перебуває в постійному русі.

• **Клітинний центр** – органела, яка складається з двох центріолей, розташованих у світлій ущільненій ділянці цитоплазми. **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 (мал. 19.1). Крім того, центріолі беруть участь у формуванні мікротрубочок цитоплазми, джгутиків і війок. У клітинах, де центріолі відсутні, процеси формування мікротрубочок веретена поділу та органел руху відбуваються без їхньої участі.

Рибосоми – 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. 19.2). 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.

Субодиниці утворюються в ядерці: на молекулі ДНК синтезується рРНК, яка сполучається з особливими рибосомними білками, що надходять із цитоплазми. Готові субодиниці транспортуються до цитоплазми. Число рибосом у клітині залежить від інтенсивності процесів біосинтезу білків.



• **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. Наприклад, крохмаль, накопичуючись у безбарвних пластидах (лейкопластах) у вигляді зерен. У клітинах також можуть накопичуватися білкові гранули або рідкі жири (насіння арахісу та ін.).

У цитоплазмі можуть накопичуватись і нерозчинні продукти обміну: солі сечової кислоти, кристали щавлевооцтового кальцію (у щавлю, бегонії та ін.).

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

Коротко про головне

▶ 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 цитозолу 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.

▶ Клітинний центр складається з двох центріолей. Вони беруть участь у формуванні веретена поділу та мікротрубочок цитоплазми, джгутиків і війок.

▶ Рибосоми – немембранні органели клітин прокариотів 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 субодиноць. Кожна з субодиноць складається із сполучених між собою рРНК і білків та утворюється в ядрі.

▶ Клітинні включення – непостійні компоненти клітини: вони то виникають, то зникають у процесі її життєдіяльності. Зазвичай це запасні речовини.

Запитання для самоконтролю. 1. Що таке цитоплазма? 2. Який склад і функції цитозолу? 3. У яких станах може перебувати цитозоль? Дайте їм характеристику. 4. Які будова та функції рибосом? 5. Де і як утворюються рибосоми? 6. Які будова і функції центріолей? 7. Що таке клітинні включення? Яка їхня роль у клітині?

§ 20.

СИНТЕЗ БІЛКА

• **Головна функція рибосом – біосинтез білків.** Білок складається з амінокислотних залишків поєднаних між собою пептидними зв'язками. 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.

• **Генетичний код.** 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 20.1). Встановлено, що більшість (18) основних амінокислот кодують від двох до шести триплетів і лише дві з них – один.

Таблиця 20.1

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
	ЛЕИ	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).

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. Оскільки

ки інформацію про структуру білка від молекули ДНК до місця синтезу білкової молекули переносить молекула іРНК, генетичний код зчитується саме з неї. За допомогою таблиці 20.1 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.

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 20.1. визначте амінокислоту, яку кодує цей триплет*).

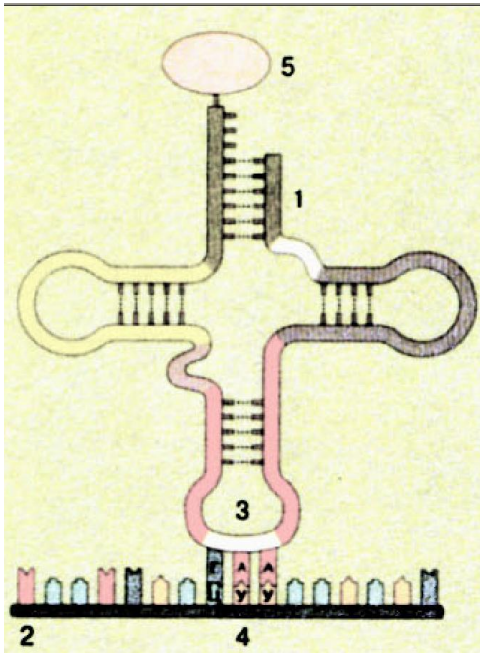
Механізм біосинтезу білків з'ясований у 50-ті роки ХХ ст. У цьому процесі виділяють кілька етапів.

• **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). Потім молекула іРНК з ядра надходить у цитоплазму клітини.

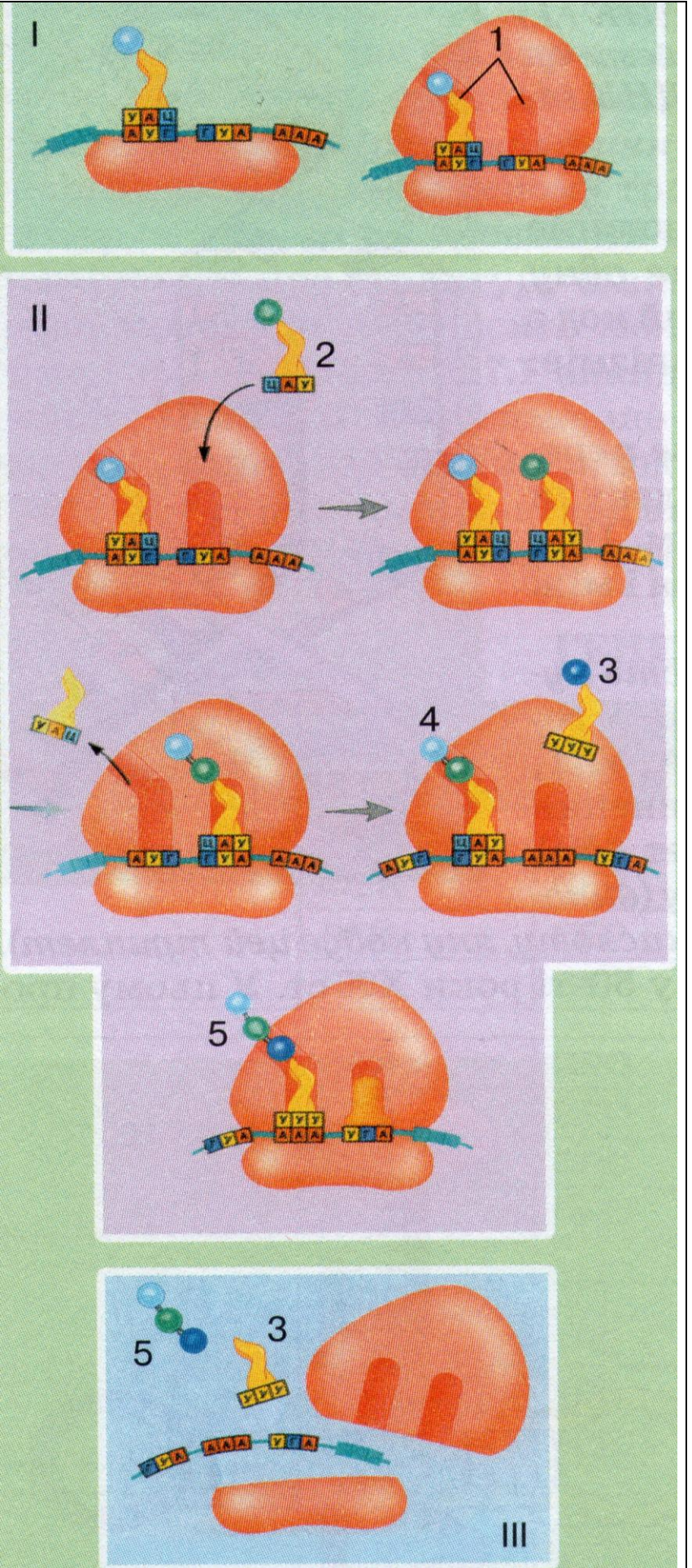
На наступному етапі – трансляції – послідовність нуклеотидів у молекулі іРНК переводиться в послідовність амінокислотних залишків молекули білка, що синтезується. Здійснюється цей процес за допомогою рибосом

Спочатку в цитоплазмі котрась із 20 амінокислот приєднується до відповідної молекули тРНК. Цей процес називають активацією амінокислот (мал. 20.1). 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.

Під час синтезу білкової молекули ниткоподібна молекула іРНК опиняється між двома субодиницями рибосоми (мал. 22.5). Зчитується генетична інформація та приєднуються амінокислотні залишки до молекули білка, що синтезується, в особливій ділянці 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 і сполучається (пептидний зв'язок) з іншою амінокислотою.



Мал. 20.1. Взаємодія молекули тРНК (1) з молекулою іРНК (2). Антикodon (3) молекули тРНК взаємодіє з кодоном (4) молекули іРНК: 5 - амінокислота, яку транспортує молекула тРНК



Мал. 20.2. Етапи біосинтезу білків: I – ініціація; II – елонгація; III - завершення синтезу білкової молекули (термінація)

Уважно розгляньте малюнок 20.2. Спочатку відбувається процес так званої *ініціації* (I), коли мала субодинаця рибосоми сполучається з іРНК та її кодон (АУГ) взаємодіє з антикодоном тРНК (УАЦ). При цьому велика субодинаця рибосоми приєднується до малої. 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).

Рибосома робить крок, що дорівнює одному триплету. До ділянки функціонального центру рибосоми, яка звільнилася, надходить третя молекула тРНК (3). Антикодон цієї тРНК (УУУ) взаємодіє з кодоном ААА. Відбувається ще один крок рибосоми. Дипептид (4) переноситься на третю амінокислоту і 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 – *термінація*), коли велика та мала субодинаці рибосом роз'єднуються та залишають молекулу іРНК. Водночас звільняються й молекули тРНК (3) та синтезована молекула білка (5).

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*. 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 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.

***Ключові терміни.* 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. Властивості генетичного коду: він триплетний; у генетичному коді є триплети, які дають

сигнали про початок чи завершення синтезу білкової молекули; генетичний код не перекривається і є універсальним.

▶ 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.

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 генетичний код є надійним?

§ 21.

ОДНОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ

• **Ендоплазматична сітка (ЕС)** 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. Вони обмежені мембраною та сполучаються між собою. Розрізняють два різновиди ендоплазматичної сітки: зернисту та незернисту (мал. 21.1).

На мембранах *зернистої (гранулярної) ЕС* розташовані рибосоми. На мембранах *незернистої (агранулярної) ЕС* рибосоми відсутні. Обидва різновиди ендоплазматичної сітки мають тісні просторові зв'язки: їхні мембрани можуть безпосередньо переходити одна в іншу.

Одна з основних функцій зернистої ЕС – забезпечення транспорту білків по клітині. Частина синтезованих у клітині білків використовується для її власних потреб, а частина виводиться за межі клітини. Білки синтезуються за участі рибосом, які можуть розташовуватися в цитозолі та на поверхні зернистої ЕС. У її порожнинах білки набувають притаманної їм просторової конформації, до них можуть приєднуватися небілкові компоненти. Синтезовані білки використовуються для побудови плазмалеми та зовнішньої мембрани оболонки ядра в період між поділами клітини.

На мембранах незернистої ЕС синтезуються ліпіди, вуглеводи, певні гормони, що можуть накопичуватися в її порожнинах. У цих порожнинах (напри-

клад, у клітинах печінки) накопичуються і знешкоджуються деякі отруйні сполуки. Крім того, порожнини сітки м'язових клітин, нейронів, залозистого епітелію слугують внутрішньоклітинним депо йонів Кальцію.

- ЕС функціонально пов'язана з комплексом Гольджі. **Комплекс, або апарат Гольджі** – одна з універсальних органел клітин еукаріотів. Її основною структурною одиницею слугує *диктіосома* – скупчення одномембранных пласких цистерн. Поруч з ними розташовані пухирці та каналці. До одного з полюсів кожної із цистерн постійно надходять пухирці, які відокремлюються від ЕС 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. 21.1).

Функції комплексу Гольджі різноманітні. Насамперед у цій органелі накопичуються і певним чином змінюються деякі сполуки. 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.

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.

Отже, одна з основних функцій комплексу Гольджі – накопичення, хімічні зміни і пакування в пухирці синтезованих речовин.

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

- **Лізосоми** – 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.

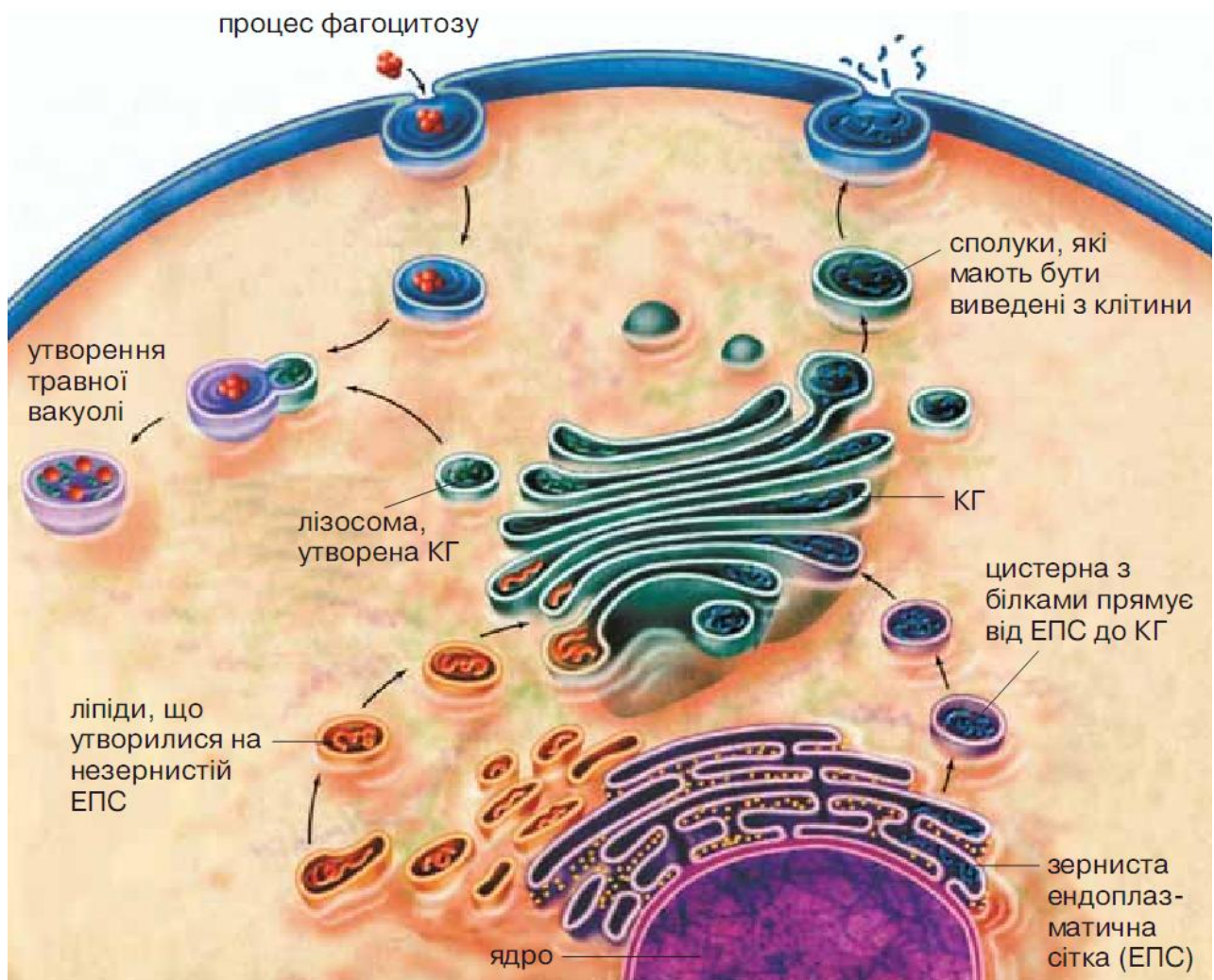
Одні з лізосом, зливаючись з піноцитозними або фагоцитозними пухирцями, беруть участь у формуванні травних вакуоль (див. мал. 20.1). При цьому активуються ферменти і вміст вакуолі перетравлюється. Таким чином, лізосоми забезпечують процеси внутрішньоклітинного травлення. Лізосоми іншого типу беруть участь у перетравленні окремих частин клітини, 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.

Вакуолі – органели клітини, які мають вигляд порожнин, оточених мембраною і заповнених рідиною. Розрізняють різні види вакуоль. У клітинах тварин поширені *травні вакуолі*.

Вакуолі рослинних клітин утворюються з пухирців, які відокремлюються від ендоплазматичної сітки. Згодом дрібні вакуолі зливаються в більші, які можуть охоплювати майже весь обсяг 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.

У клітинах прісноводних одноклітинних тварин і водоростей є **скоротливі вакуолі** – вкриті мембраною пухирці, здатні змінювати об'єм, виводячи свій вміст назовні. 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, мають значення для газообміну.



Мал. 21.1. Схема, що ілюструє будову та функції ендоплазматичної сітки (ЕС) та комплексу Гольджі (КГ)

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

Коротко про головне

► У клітинах еукаріотів є органели, оточені однією мембраною: ендоплазматична сітка, комплекс, або апарат, Гольджі, лізосоми, вакуолі.

► Ендоплазматична сітка – система порожнин у вигляді мікроскопічних каналців та їхніх потовщень. Розрізняють два її різновиди: зернисту та незернисту. Зерниста ЕС на своїх мембранах має рибосоми, одна з її функцій –

участь у біосинтезі білків. На мембранах незернистої ЕС рибосом немає, і на них синтезуються ліпіди, вуглеводи, деякі гормони.

► Комплекс Гольджі включає диктіосому – 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 і скоротливих вакуоль.

► Лізосоми – мікроскопічні пухирці, що містять ферменти, здатні розщеплювати різні сполуки, забезпечуючи процеси внутрішньоклітинного травлення. Одні лізосоми 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. Вакуолі рослинних клітин заповнені клітинним соком, їхні функції: підтримання внутрішньоклітинного тиску, накопичення запасних поживних речовин, продуктів обміну, пігментів тощо. Скоротливі вакуолі прісноводних одноклітинних тварин і водоростей регулюють внутрішньоклітинний тиск, виводячи назовні зайву рідину разом із розчинними продуктами обміну.

Запитання для самоконтролю. 1. Які одномембранні органели трапляються в клітинах еукаріотів? 2. Що спільного та відмінного в будові та функціях зернистої та незернистої ЕС? 3. Які особливості будови та функцій КГ? 4. Які функції лізосом у клітині? 5. Які ви знаєте види вакуоль? Які їхні функції?

§ 22.

ДВОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ: МІТОХОНДРІЇ ТА ПЛАСТИДИ

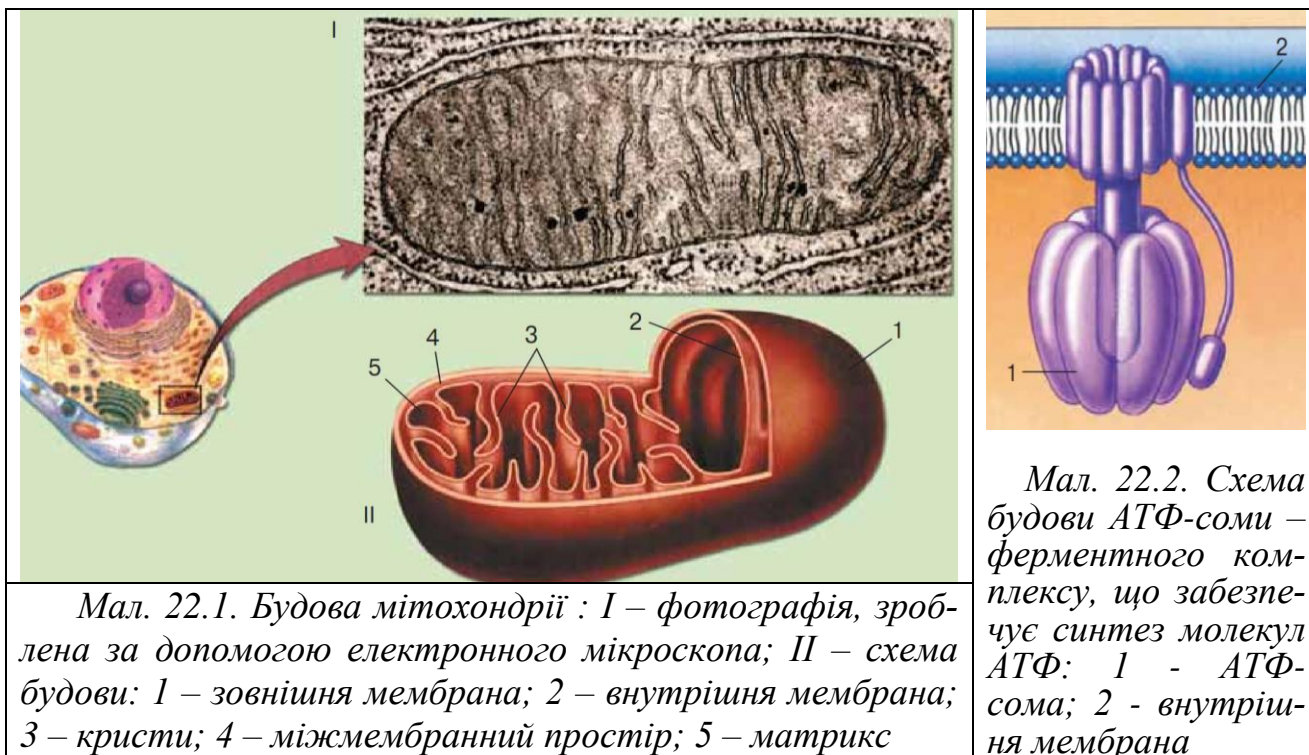
Мітохондрії та пластиди – органели клітин еукаріотів, поверхневий апарат яких складається з двох мембран, розділених міжмембранним простором. Вони просторово не пов'язані з іншими органелами. Ці органели беруть участь в енергетичному обміні.

• **Мітохондрії** – органели клітин рослин, грибів і тварин. Їх немає лише в організмів, які мешкають у безкисневому середовищі, – *анаеробів*. Мітохондрії слугують своєрідними клітинними «генераторами енергії». Вони мають вигляд кульок, паличок, розгалужених ниток (завдовжки 0,5-10 мкм і більше). Число цих органел у клітинах різних типів може коливатися від 1 до 100 000. Воно залежить від того, наскільки активно відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії.

Зовнішня мембрана мітохондрії гладенька, а внутрішня – утворює вгини всередину органели – *кристи* (мал. 22.1.). Кристи мають вигляд дископодібних, трубчастих чи пластинчастих утворів, що часто розгалужуються. На поверхні крист, що межує з внутрішнім середовищем мітохондрії, є особливі грибоподібні білкові утвори – АТФ-соми. Вони містять комплекс ферментів, необхідних для синтезу АТФ (мал. 22.2.).

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 у процесі енергетичного обміну. Енергетичний обмін відбувається в три послідовні етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий. Початкові реакції кисневого етапу відбуваються в *матриксі*, а наступні, зокрема синтезу АТФ, – *на внутрішній мембрані мітохондрій*.



Мал. 22.1. 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

Мал. 22.2. Схема будови АТФ-соми – ферментного комплексу, що забезпечує синтез молекул АТФ: 1 - АТФ-сома; 2 - внутрішня мембрана

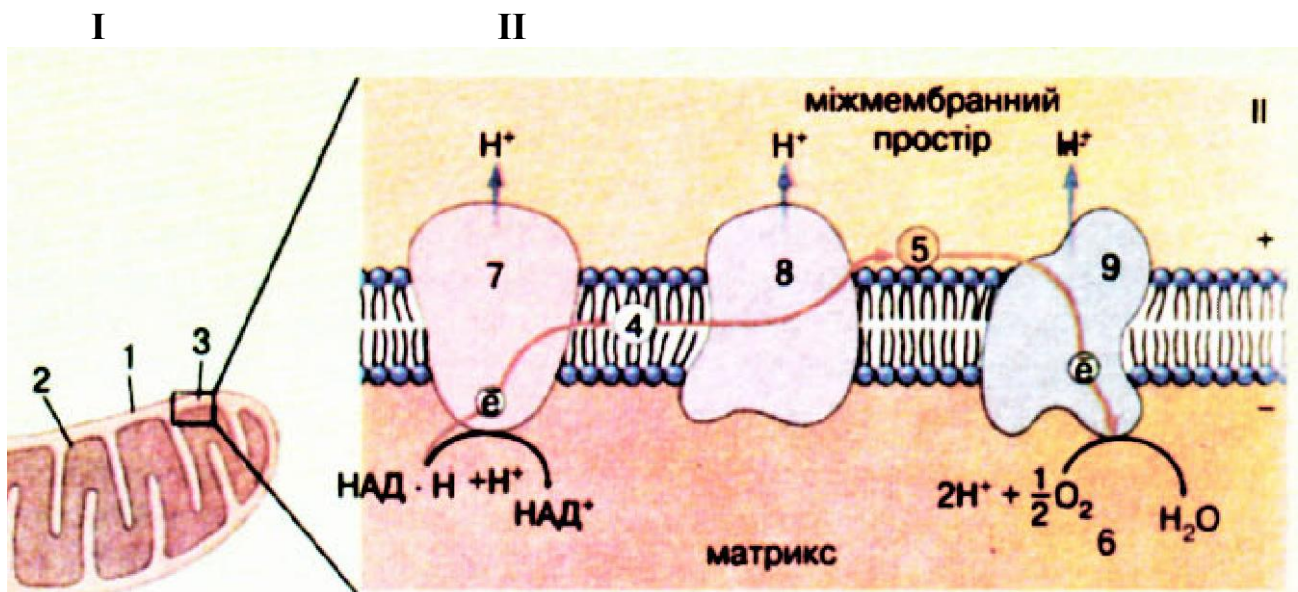
• **Клітинне дихання** (кисневий етап енергетичного обміну, аеробне дихання) – основний процес, який відбувається в мітохондріях (мал. 22.3). Воно супроводжується низкою окисно-відновних реакцій за участі ферментів. Унаслідок органічні сполуки окиснюються до кінцевих продуктів – CO_2 та H_2O . Завдяки цим реакціям організм отримує значну кількість енергії, необхідної для забезпечення життєдіяльності. Більша частина цієї енергії запасасться в хімічних зв'язках молекул АТФ. Кисневий етап енергетичного обміну можливий лише за наявності кисню. Тому його ще називають *аеробним*. Загальне рівняння процесу: $2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 36\text{АТФ}$

Уважно розгляньте малюнок 21.3. 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 7, 4, 8, 5, 9), який знаходиться у внутрішній мембрані мітохондрії. Сполука, позначена як НАД•Н, за участі особливого ферменту окиснюється із звільненням електронів (e^-) та протонів (H^+). Електрони (e^-), яким надана енергія, транспортуються за участі мобільних білків-переносників (4 і 8)

на зовнішню поверхню мембрани. Там електрони передаються особливій білковій молекулі (5), що забезпечує їхній подальший транспорт до білкового комплексу 9.

Повна назва НАД (не для запам'ятовування) – нікотинамідаденіндинуклеотид. Ця сполука утворюється за рахунок енергії розпаду органічних речовин на безкисневому і кисневому етапах енергетичного обміну.

Прослідкуємо подальший напрямок руху електронів. Як ви помітили, електрони повертаються всередину мітохондрії. Там вони взаємодіють з протонами (H^+) та Оксигеном з утворенням води (6). А три білкові молекули, що входять до складу внутрішньої мембрани мітохондрії (вони позначені цифрами 7, 8 і 9) використовують частину звільненої енергії для перекачування йонів Гідрогену (H^+) у простір між двома мембранами мітохондрії (3). Так виникає різниця концентрації йонів H^+ по обидва боки внутрішньої мембрани мітохондрії.



Мал. 22.3. Схема роботи ланцюга транспорту електронів

<p>Мал. 22.4. Молекула ферменту АТФ-синтетази забезпечує синтез АТФ під час клітинного дихання (кисневого енергетичного обміну): 1 – внутрішня мембрана мітохондрії; 2 – молекула білка, що забезпечує транспорт йонів H^+ у міжмембранний простір мітохондрії; 3 – АТФ-сома, до складу якої входить протонний канал і фермент АТФ синтетаза (скорочено – АТФ-аза)</p>	
---	--

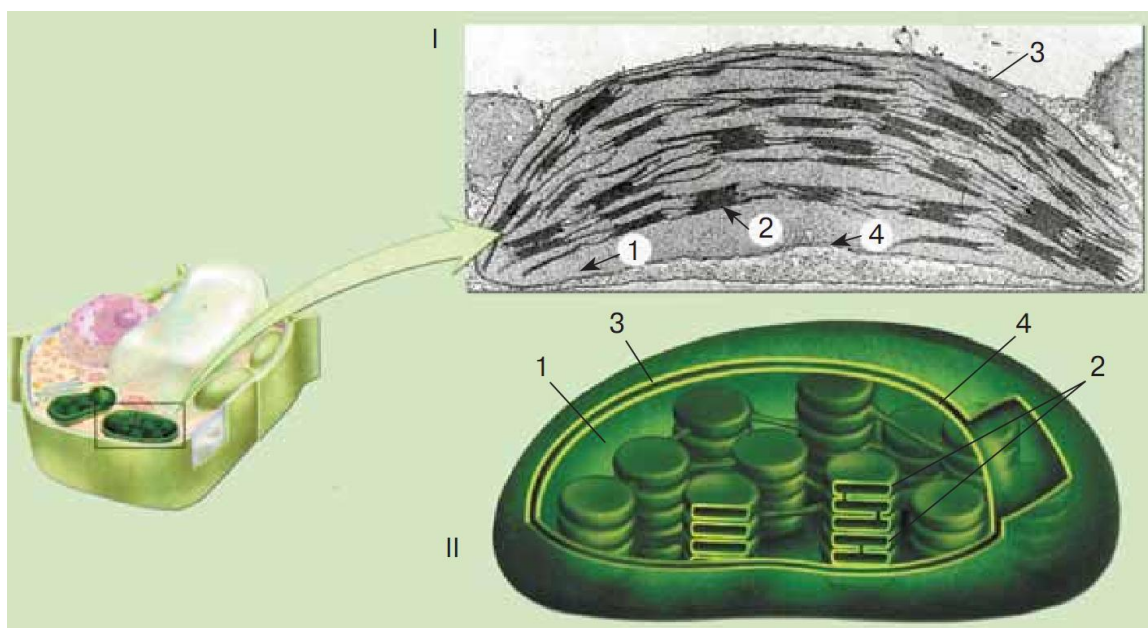
Отже, на зовнішній поверхні внутрішньої мембрани мітохондрії буде зосереджений позитивний заряд, а біля внутрішньої поверхні – негативний. Цей негативний заряд наче «приваблює» протони і «змушує» їх повертатися до матриксу. Більша частина протонів, які повертаються всередину матриксу мітохондрії, шляхом дифузії проходять крізь канал у молекулі ферменту АТФ-синтетази (мал. 22.4). Цей фермент відповідає за синтез молекул АТФ. При поверненні йонів 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 поживних речовин (1-ї молекули глюкози) до H_2O та CO_2 під час клітинного дихання супроводжується виділенням кількості енергії, достатньої для утворення 38 молекул АТФ. Під час цих перетворень виділяється приблизно 2800 кДж енергії, з яких у вигляді хімічних зв'язків молекул АТФ запасасться приблизно 55 %, а 45 % – розсіюється у вигляді тепла.

• **Пластиди** – органели клітин рослин. Відомо три типи пластид – хлоропласти, хромопласти, лейкопласти, які різняться за забарвленням, особливостями будови та функціями (мал. 21.5).

Хлоропласти – пластиди, зазвичай забарвлені в зелений колір завдяки наявності пігменту хлорофілу. В клітинах певних груп водоростей (червоних, бурих тощо) їхній колір може бути іншим завдяки наявності інших пігментів.



Мал. 22.5. Внутрішня будова хлоропласта: I – фотографія, зроблена за допомогою електронного мікроскопа; II – схема будови: 1 – строма; 2 – грани тилакоїдів; 3 – зовнішня мембрана; 4 – внутрішня мембрана;

Зовнішня мембрана хлоропластів гладенька, а внутрішня утворює вирости, що можуть від неї відокремлюватись. *Строма* – речовина, що заповнює внутрішній простір хлоропласта. З внутрішньою мембраною пов'язані структури – **тилакоїди**. Це пласкі цистерни, оточені однією мембраною. Великі тила-

коїди 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 та відбувається синтез АТФ. Також у хлоропластах синтезуються деякі ліпіди, білки мембран тилакоїдів, ферменти, які забезпечують реакції 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 різних типів мають спільне походження: усі вони виникають з первинних пластид, дрібних (до 1 мкм) пухирців, оточених двома мембранами. Крім того, *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.

• **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*. У 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).

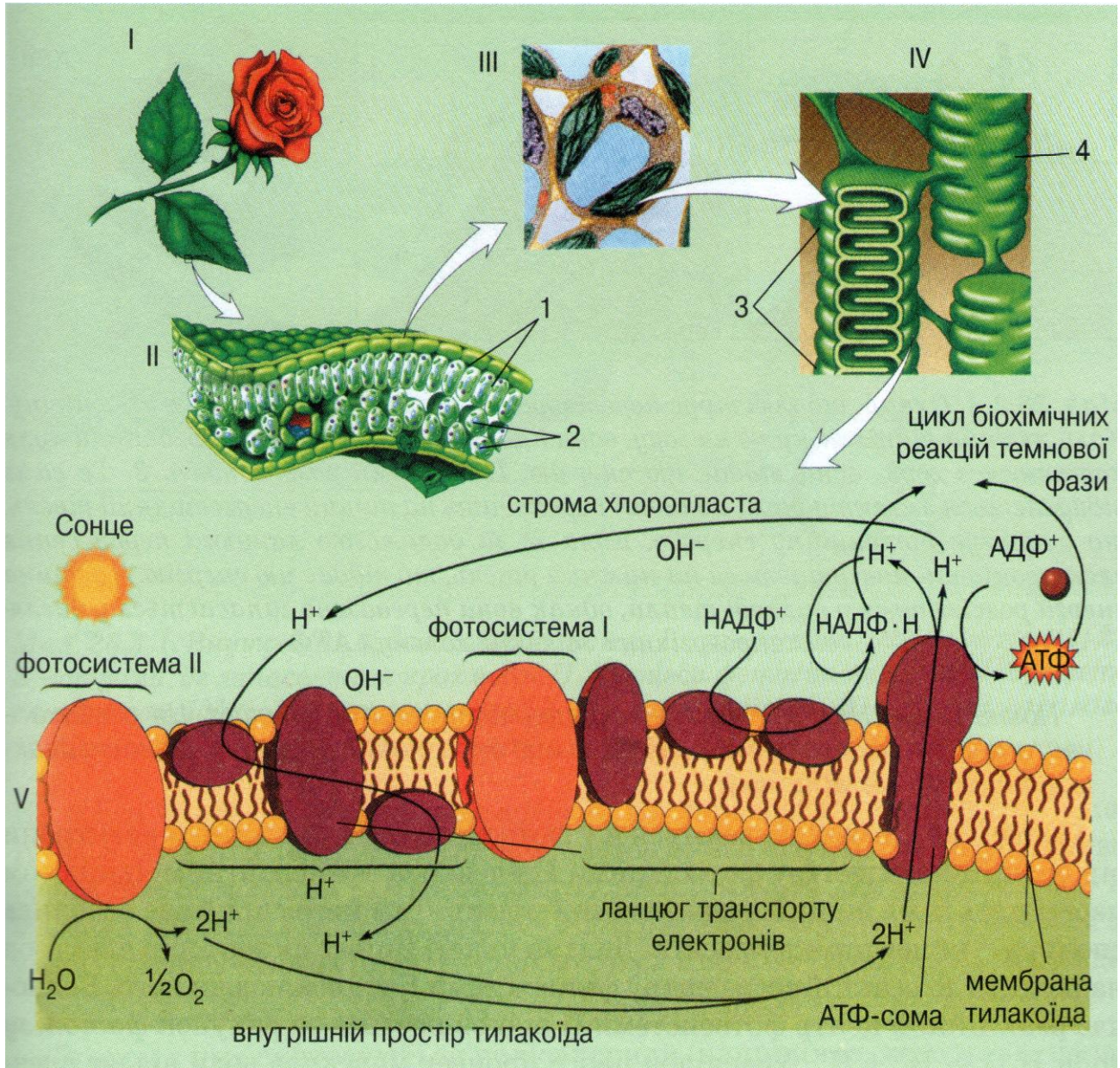
У процесі фотосинтезу в зелених рослинах беруть участь дві фотосистеми – перша (I) і друга (II) (мал. 21.6). *Фотосистемою* називають структурну одиницю, що складається з пігментів та білків, які беруть участь у процесах фотосинтезу і містяться у тилакоїдах хлоропластів. Кожна із фотосистем має свій функціонально 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. 22.6). У процесі фотосинтезу вони запускаються послідовно.

Фотосинтез відбувається у дві фази – світлову і темнову.

Світлову фазу названо так тому, що її реакції перебігають лише на світлі у мембранах тилакоїдів (див. мал. 22.6). Фотосинтез починається з того, що світлову енергію поглинають хлорофіли з реакційних центрів **фотосистеми I** і **фотосистеми II**. Їхні електрони збуджуються і, маючи багато енергії, передаються системою переносників обох фотосистем, які слідують один за одним. А у молекул хлорофілів з реакційних центрів появляються вакантні місця.

Одночасно відбувається *фотоліз води* (розклад води на світлі особливою ферментною системою) з утворенням чотирьох йонів Гідрогену, чотирьох електронів та молекулярного кисню: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$.



Мал. 22.6. Структури, які забезпечують фотосинтез: I - фотосинтезуюча рослина; II – зріз через листову пластинку: стовпчасти (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

Кисень надходить до атмосфери, йони Гідрогену залишаються в тилакоїді, а електрони передаються на вакантне місце у реакційному центрі фотосистеми II. Як згадувалося вище, це можливо тому, що за рахунок енергії світла збуджені електрони покидають молекулу хлорофілу з реакційного центру фотосистеми II. Електрони, яким надана додаткова енергія, електронтранспортним ланцюгом переносяться на вакантне місце у реакційному центрі фотосистеми I.

Збуджені молекули хлорофілу з реакційного центру фотосистеми I також передають свої електрони на низку переносників. Таким чином, електрони, яким надана додаткова енергія, електронтранспортним ланцюгом переносяться на зовнішню поверхню мембрани тилакоїда. Тут вони взаємодіють з протонами Гідрогену особливої органічної сполуки зі скороченою назвою НАДФ⁺, відновлюючи її до НАДФ•Н. Ця сполука бере участь у реакціях темної фази фотосинтезу.

Транспорт електронів у світлових реакціях спряжений з перенесенням крізь 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* (АТФ-сома), завдяки якій синтезуються молекули АТФ. Це відбувається внаслідок того, що йони Н⁺ через канал у АТФ-сомі, яка забезпечує синтез АТФ, переносяться з внутрішньої поверхні мембрани тилакоїдів на зовнішню. При цьому потік йонів Н⁺ вивільняє певну кількість енергії, яка й використовується для синтезу АТФ.

Реакції темної фази фотосинтезу відбуваються у стромі хлоропластів без участі світла цілодобово. Вони починаються з того, що особлива сполука (рибульозобіфосфат) фіксує молекулу СО₂. У процесі подальших біохімічних перетворень синтезується молекула глюкози або інших моносахаридів.

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 СО₂ на молекулу глюкози (С₆Н₁₂О₆) витрачається 18 молекул АТФ та 12 молекул НАДФ•Н. Через низку послідовних реакцій за участі специфічних ферментів утворюються глюкоза та інші моносахариди:

$6\text{CO}_2 + 24\text{H}^+ \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$. Згодом з них синтезуються полісахариди (наприклад, крохмаль, целюлоза тощо).

• **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 накопичену в ній енергію. Тож існування біосфери можливе саме завдяки фотосинтезу. На початку минулого століття було обґрунтовано *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 (O₃), який формує озоновий шар (екран) атмосфери. Він поглинає короткохвильові (ультрафіолетові) космічні промені, які глибоко діють на живу матерію.

Ключові терміни та поняття. Кристи, АТФ-соми, ламели, тилакоїди, грани, фототрофні та хемотрофні організми, світлова та темпова фази фотосинтезу, озоновий шар.

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.

▶ *Енергетичний обмін охоплює три послідовні етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий (клітинне дихання).* На безкисневому етапі органічні речовини (глюкоза) окиснюються до простіших речовин (двох молекул молочної кислоти). При цьому частина енергії розсіюється у вигляді тепла, а частина – використовується для синтезу 2-х молекул АТФ.

▶ **Клітинне дихання** відбувається в мітохондріях, у внутрішніх мембранах яких синтезується АТФ. Унаслідок окисно-відновних реакцій органічні сполуки, які утворилися на безкисневому етапі, окиснюються до CO₂ та H₂O. Окиснення двох молекул молочної кислоти супроводжується виділенням енергії, достатньої для утворення 36 молекул АТФ. Під час цих перетворень запасється 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.

▶ **Пластиди** – органели клітин рослин. Три 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.

▶ **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.

► 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.

► В еукаріотів **фотосинтез** відбувається в хлоропластах, які містять фотосинтезуючі пігменти – хлорофіли. У процесі фотосинтезу в рослин 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.

► *Світлова фаза* відбувається лише на світлі в мембранах особливих структур хлоропластів – тилакоїдів. Основні процеси світлової фази: уловлення квантів світла молекулами хлорофілу; синтез АТФ; фотоліз води; виділення молекулярного кисню та відновлення особливої сполуки – НАДФ.

► Процеси *темної фази* локалізовані у стромі і можуть перебігати без світла. У темній фазі за рахунок фіксації CO₂ та використання енергії АТФ у процесі циклічних біохімічних реакцій синтезуються вуглеводи, як-от глюкоза.

► **Значення фотосинтезу.** 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 (O₃), який формує захисний озоновий шар (екран) атмосфери.

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. Чому функціонування мітохондрій і хлоропластів у клітині відносно незалежне від інших її структур? 7. Які умови здійснення клітинного дихання? 8. Скільки молекул АТФ синтезується під час кисневого етапу енергетичного обміну? 9. Загальна характеристика фотосинтезу. 10. Як відбувається фотосинтез? 11. Що ви знаєте про фото системи? 12. Порівняйте світлову і темнову фази фотосинтезу.

ТЕМА 2. КЛІТИНА ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА. ТКАНИНИ

§ 23.

ПРОКАРІОТИЧНА КЛІТИНА ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА

Залежно від рівня організації клітини і наявності ядра усі організми поділяють на прокаріотів і еукаріотів (рослини, гриби, тварини).

• **Спадковий матеріал прокаріотів.** Клітини прокаріотів не мають сформованого ядра. Їхній спадковий матеріал не відокремлений від цитоплазми мембраною та представлений кільцеподібною молекулою ДНК.

Ділянка цитоплазми, в якій розташований спадковий матеріал прокаріотів, має назву *ядерна зона*, або *нуклеоїд*.

У цитоплазмі багатьох клітин бактерій, крім нуклеоїду, є кільцеві молекули ДНК – *плазмід*. Вони дістали назву позахромосомних факторів спадковості. Від набору плазмід залежить здатність прокаріотів пристосовуватися до змін навколишнього середовища. Наприклад, стійкість до певних антибіотиків.

• **Розмноження прокаріотів.** Клітини прокаріотів розмножуються нестатевим шляхом: поділом навпіл, 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.

За настання несприятливих умов у деяких прокаріотів відбувається *спорування*. При цьому частина цитоплазми материнської клітини вкривається багатошаровою оболонкою, утворюючи спори, які в сприятливих умовах «проростають». Деякі прокаріоти здатні до *інцистування*. 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.

Ключові терміни та поняття. Прокаріоти, кон'югація, спорування, інцистування.

Коротко про головне

► 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.

► Замість ядер у клітинах прокаріотів є ядерні зони – нуклеоїди, де розташований спадковий матеріал – кільцеві молекули ДНК. Крім того, у цитоплазмі трапляються невеликі кільцеві молекули ДНК, позахромосомні фактори спадковості – плазмід. Вони здатні подвоюватися незалежно від молекул ДНК ядерної зони.

► Клітини прокаріотів розмножуються поділом навпіл, зрідка – брунькуванням. Для деяких видів відомий процес кон'югації, під час якої клітини об-

мінюються молекулами ДНК. Спори та цисти забезпечують прокаріотам переживання несприятливих умов та поширення в біосфері.

Запитання для самоконтролю. 1. Як розмножуються прокаріоти? 2. Що Ви знаєте про спадковий апарат прокаріотів? 3. Які функції виконують плазмідни? 4. Яке значення процесів спороутворення та інцистування в прокаріотів?

§ 24.

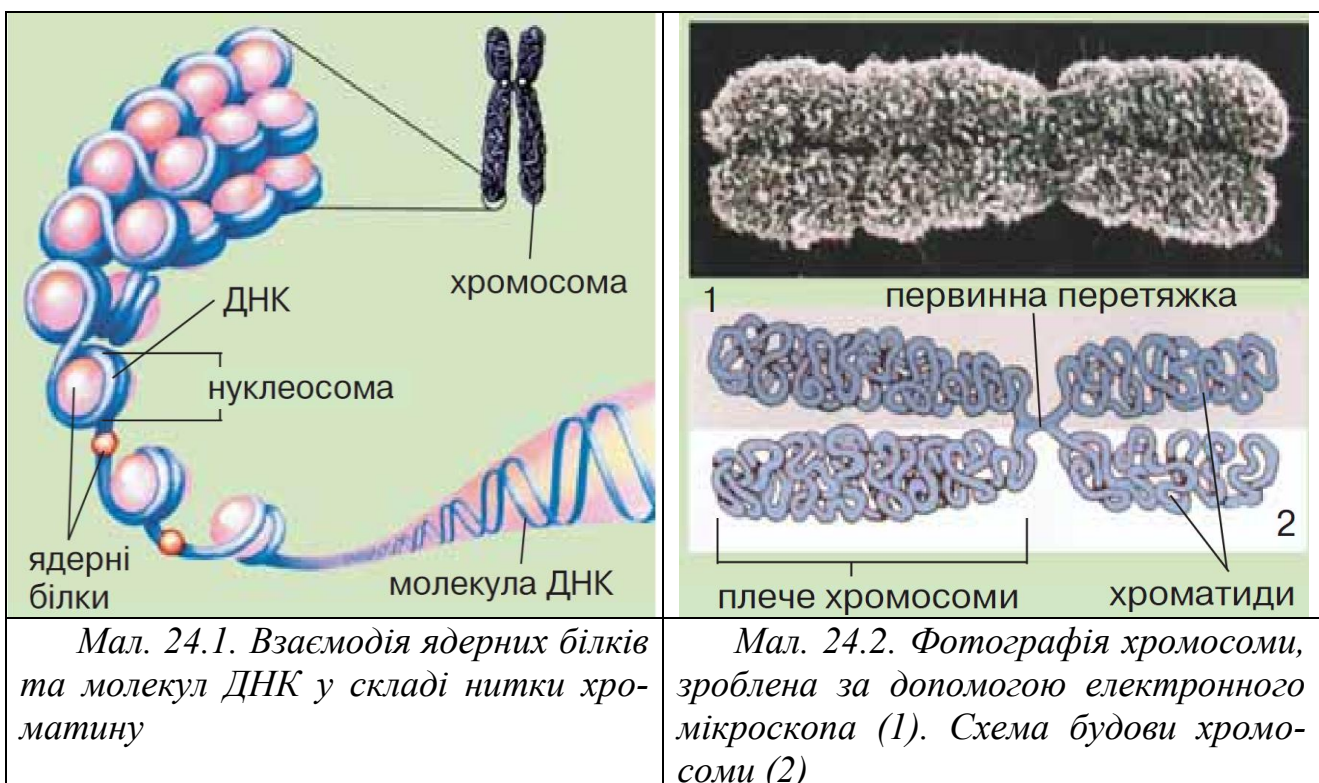
ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ КАРІОТИПУ РІЗНИХ ОРГАНІЗМІВ

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 хромосоми розкручуються до ниток хроматину.

Основа хромосоми становить дволанцюгова молекула ДНК, зв'язана з ядерними білками (мал. 24.1). Ядерні білки утворюють особливі структури – **нуклеосоми**, навколо яких наче накручені нитки ДНК.

Кожна хромосома складається з двох поздовжніх частин – **хроматид**, які з'єднані між собою в місці, яке називають зоною первинної перетяжки (мал. 24.2). Вона поділяє хромосоми на дві ділянки – **плечі**. У зоні первинної перетяжки є ділянка хромосоми зі специфічною структурою, що з'єднує сестринські хроматиди, – **центромера**. На ній формуються білкові структури – **кінетохори**.



Під час поділу клітини до кінетохора приєднуються нитки веретена поділу, що забезпечує впорядкований розподіл хромосом (точніше, *хроматид*) між дочірніми клітинами.

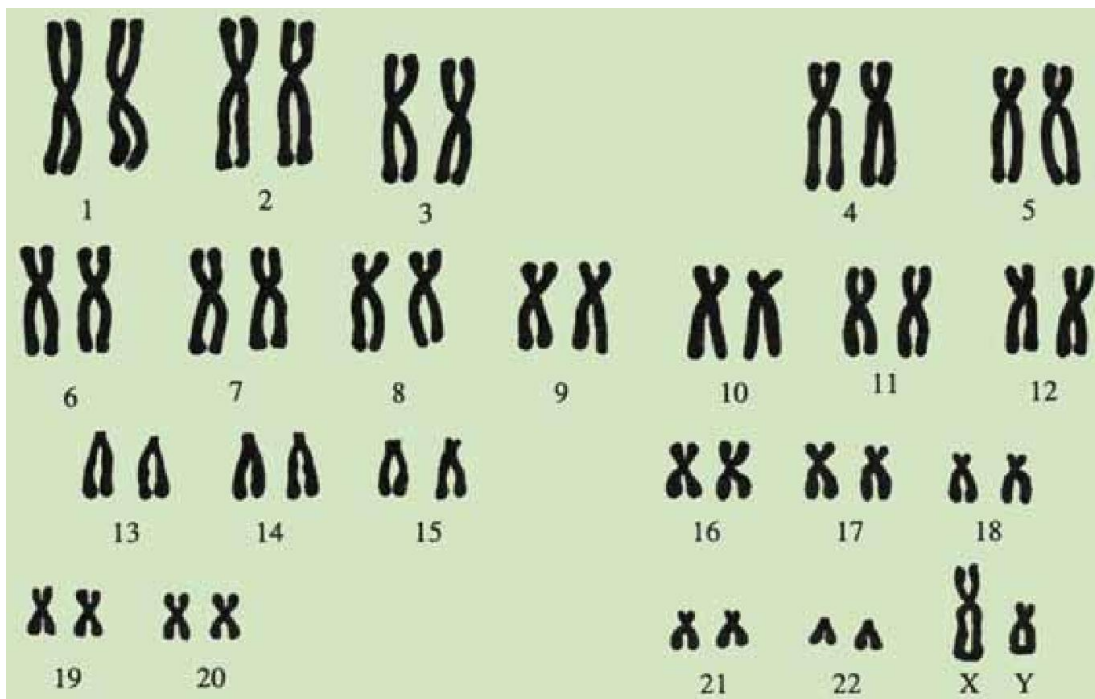
Кожна з хроматид містить по молекулі ДНК з подібним набором спадкової інформації. Під час поділу клітини хроматиди розходяться до дочірніх клітин, а в період між двома поділами – число хроматид знову подвоюється. Це відбувається завдяки здатності молекул ДНК до самоподвоєння.

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*.

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

• **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*. Кожному виду притаманний свій особливий каріотип. Наприклад, у нестатевих клітинах мухи-дрозофіли всього 8 хромосом (4 пари), люди – 46 (23 пари), у одноклітинних тварин-радіолярій – до 1600 (мал. 24.3).

Постійність каріотипу забезпечує існування видів. Особливий каріотип особин одного виду дає їм змогу паруватися між собою, залишати життєздатних нащадків і зазвичай унеможливорює їхнє парування з особинами інших видів.



Мал. 24.3. Каріотип людини (чоловіка)

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 парну, 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**. Хромосоми інших пар, які подібні у всіх особин, називають нестатевими, або **аутосомами**. Так, у хромосомному наборі жінки – дві Х-хромосоми, а чоловіка – одна Х-хромосома та одна У-хромосома. Зрозуміло, якщо аутосоми мають подібний набір генів, то в Х- та У-хромосомах він різний.

• **Наслідки зміни каріотипу. 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 спричинити 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. 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.

Будову каріотипу застосовують у систематиці організмів для розпізнавання близьких за будовою видів (так званих видів-двійників), яких розрізнити за іншими ознаками дуже важко або взагалі неможливо.

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 де формується центромера з кінетохором. 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. Статеві хромосоми у представників однієї зі статей кожного виду розрізняються. 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.

► Вивчення каріотипу має важливе значення в систематиці для розпізнавання близьких за будовою видів (видів-двійників) та визначення ступеня історичної спорідненості організмів.

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?

§25.

КЛІТИННИЙ ЦИКЛ. МІТОЗ

Клітина існує як єдина біологічна система завдяки узгодженій взаємодії всіх своїх частин.

• **Клітинний цикл.** Клітини зазвичай розмножуються поділом. *Період існування клітини між початками її двох послідовних поділів або ж від початку поділу до загибелі називають клітинним циклом* (мал. 25.1). 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. Клітинний цикл складається з періодів поділу (мітозу) та інтерфази.

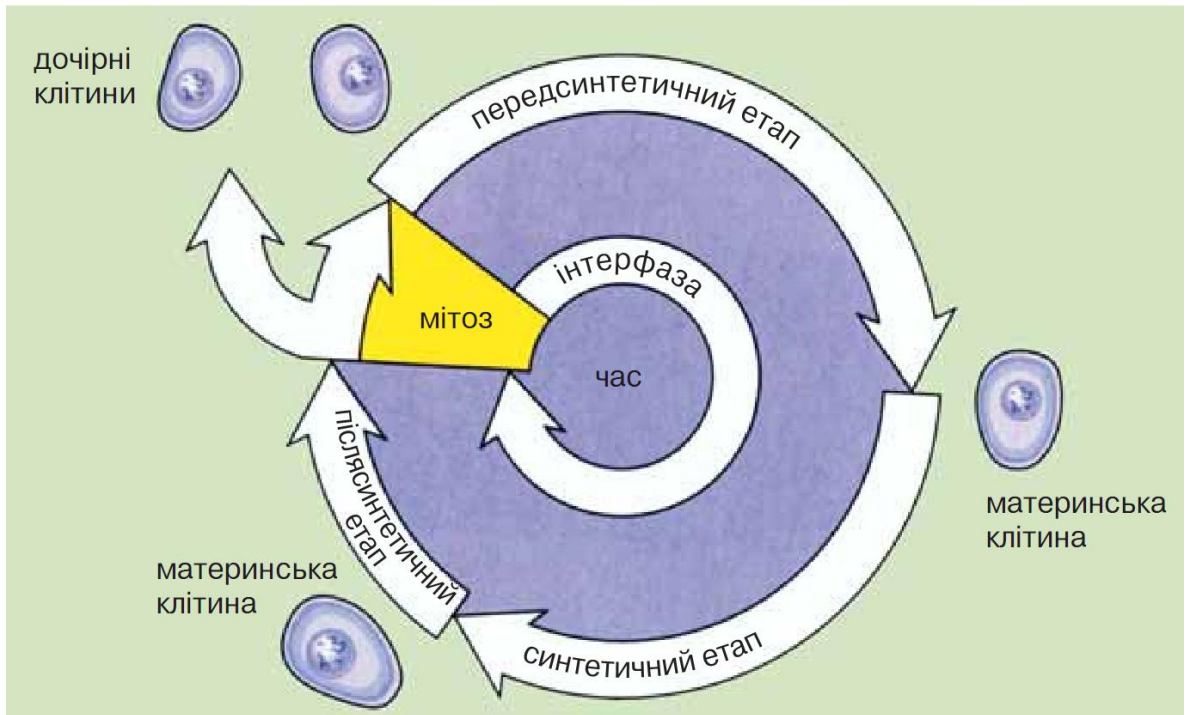
Інтерфаза – період між двома послідовними поділами клітини. В інтерфазі клітина росте, синтезує органічні сполуки та запасає енергію у вигляді АТФ. В інтерфазі розрізняють три послідовні етапи (періоди): *передсинтетичний, синтетичний і післясинтетичний*. Процеси біосинтезу інтенсивно відбуваються на *синтетичному* етапі. У цей час подвоюються молекули ДНК, хроматиди, центріолі, поділяються мітохондрії та пластиди тощо. Тривалість інтерфази 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. 25.2). Він супроводжується ущільненням хромосом й утворенням особливого *веретена поділу*, яке забезпечує впорядкований розподіл спадкового матеріалу між дочірніми клітинами.

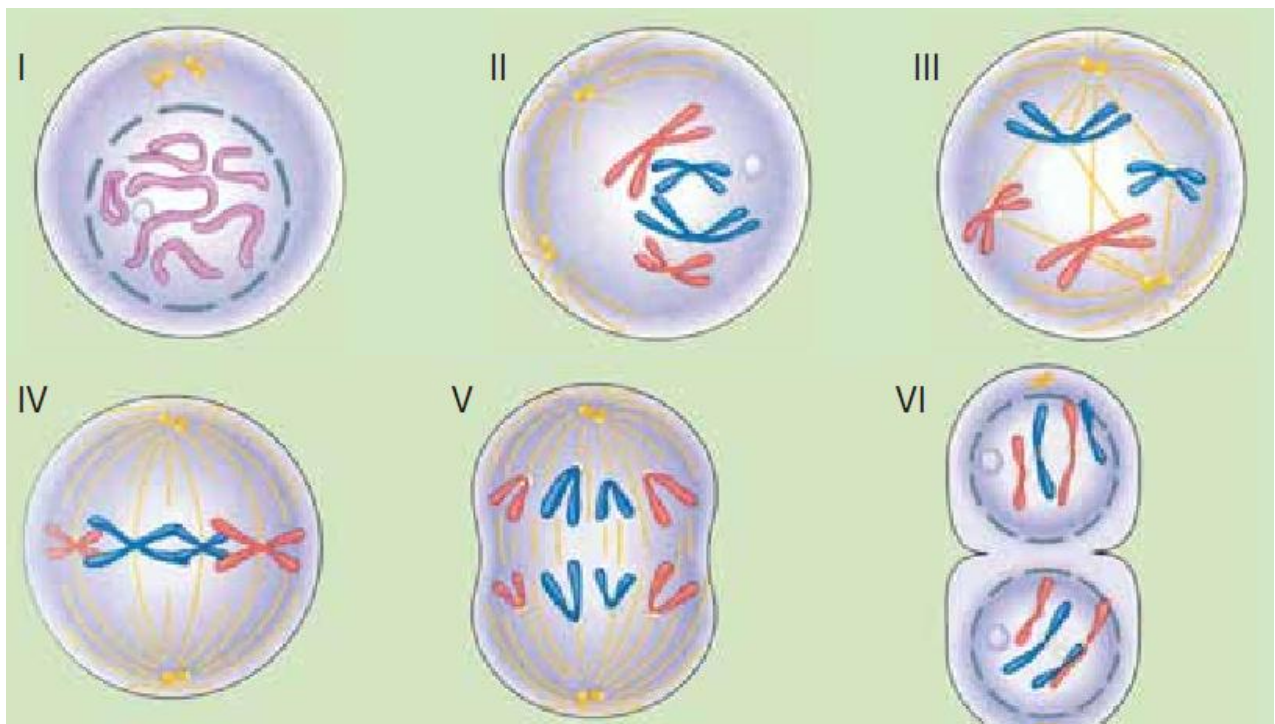
• **Фази мітотичного поділу.** Мітоз складається з чотирьох послідовних фаз: профази, метафази, анафази і телофази (мал. 25.2) та триває від кількох хвилин до 2-3 годин.

Профаза починається з ущільнення ниток хроматину: хроматиди вкорочуються і потовщуються (спіралізуються) (мал. 25.2, I). Завдяки цьому під світловим мікроскопом можна розглянути будову хромосом (зокрема, знайти первинну перетяжку) і підрахувати їхню кількість. Поступово зникають ядерця;

зазвичай під час поділу ядерна оболонка розпадається, внаслідок чого хромосоми потрапляють до цитоплазми (мал. 25.2, II). Водночас починає формуватися веретено поділу.



Мал. 25.1. Узагальнена схема клітинного циклу



Мал. 25.2. **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

Під час наступної фази мітозу – **метафази** – завершуються переміщення хромосом і формування веретена поділу (мал. 25.2, III). Хромосоми «вишиковуються» в одній площині в центральній частині клітини таким чином, що центромери гомологічних хромосом опиняються майже на одній лінії (мал. 25.2, IV.). До кінетохорів окремих хромосом приєднуються нитки веретена поділу.

Анафаза – найкоротша фаза мітозу. У цей час хроматиди кожної з хромосом розходяться до різних полюсів клітини.

Телофаза триває від завершення розходження хроматид до утворення дочірніх клітин (мал. 25.2, 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.

- **Біологічне значення мітозу.** Мітотичний поділ забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнських клітин дочірнім протягом 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 плазматичної мембрани, необоротних змін насамперед ядра і мітохондрій, що призводить до припинення їхніх функцій. Такі процеси називають **некрозом**. Некрози розвиваються при багатьох важких захворюваннях людини, наприклад *інфаркті міокарда* (відмирання ділянок м'язової серцевої тканини).

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). Цей процес має назву **апоптоз**. Отже, апоптоз – запланована загибель клітин, а некроз – незапланована.

Ключові терміни та поняття. *Клітинний цикл, інтерфаза, мітоз.*

Коротко про головне.

- ▶ 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 запасує 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 утво-

рюють 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.

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?

§ 26. МЕЙОЗ

• Як утворюються статеві клітини з гаплоїдним набором хромосом?

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 диплоїдним. Гаплоїдні клітини виникають при особливому поділі еукаріотичних клітин – мейозі.

• **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. Кожний з цих поділів, як і мітоз, складається із чотирьох послідовних фаз. Перший мейотичний поділ дістав назву **редукційний**.

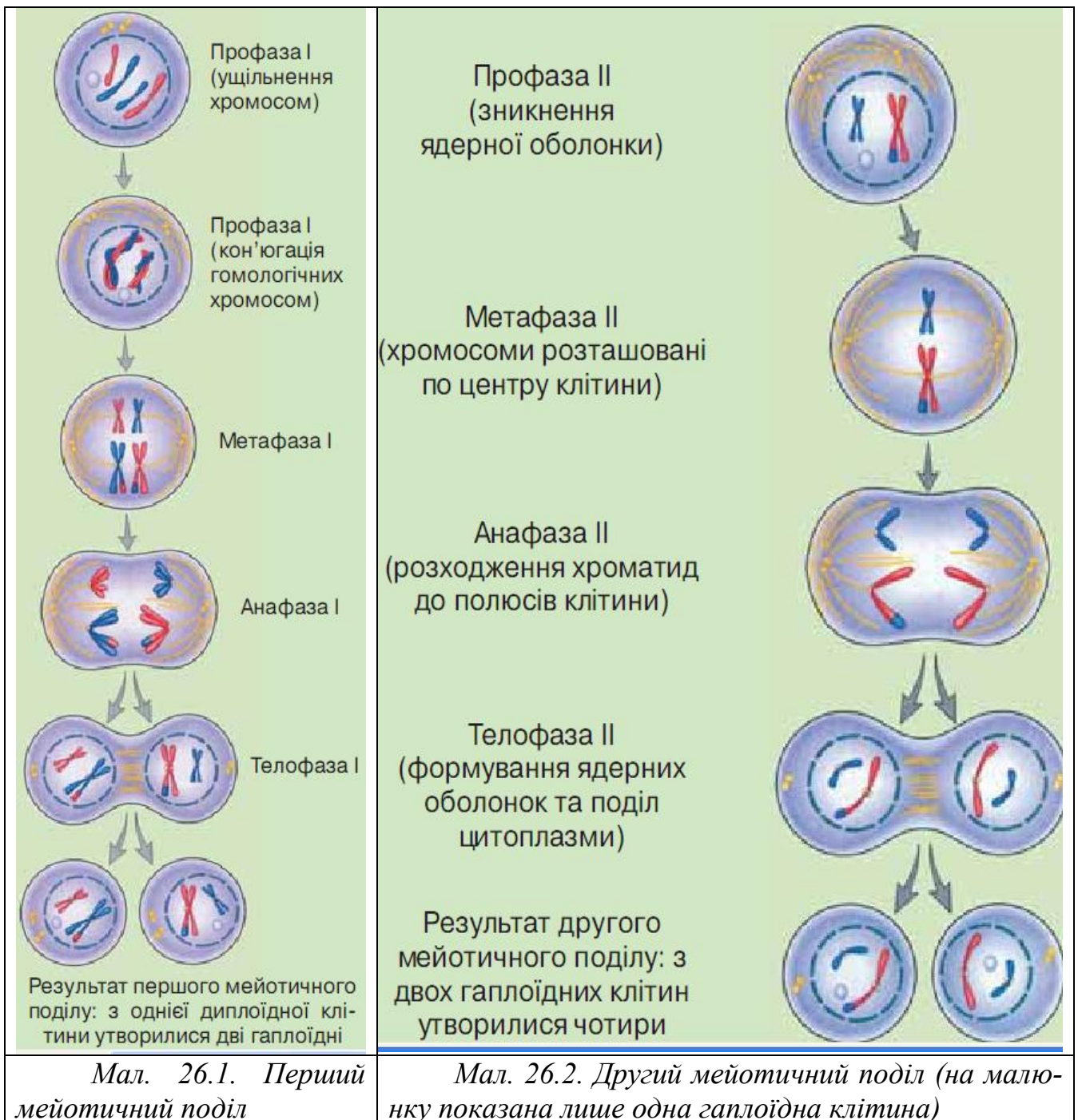
Під час профази **першого мейотичного поділу (профаза I)** хромосоми ущільнюються, набуваючи вигляду паличкоподібних структур (мал. 26.1). Потім гомологічні хромосоми зближуються і ніби злипаються (кон'югують) між собою. Під час кон'югації може відбуватися **кросинговер**: обмін ділянками між гомологічними хромосомами. Унаслідок кросинговеру виникають нові комбінації спадкового матеріалу, і тому гомологічні хромосоми часто відрізняються за спадковою інформацією. Отже, кросинговер слугує джерелом **спадкової мінливості**.

Наприкінці профази 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 нитки веретена поділу приєднуються до кінетохорів. При цьому центромери гомологічних хромосом розташовані одна навпроти одної, а не вздовж однієї лінії, як під час мітозу.

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. **Интерфаза** між мейотичними поділами вкорочена або відсутня; молекули ДНК у цей період не подвоюються.

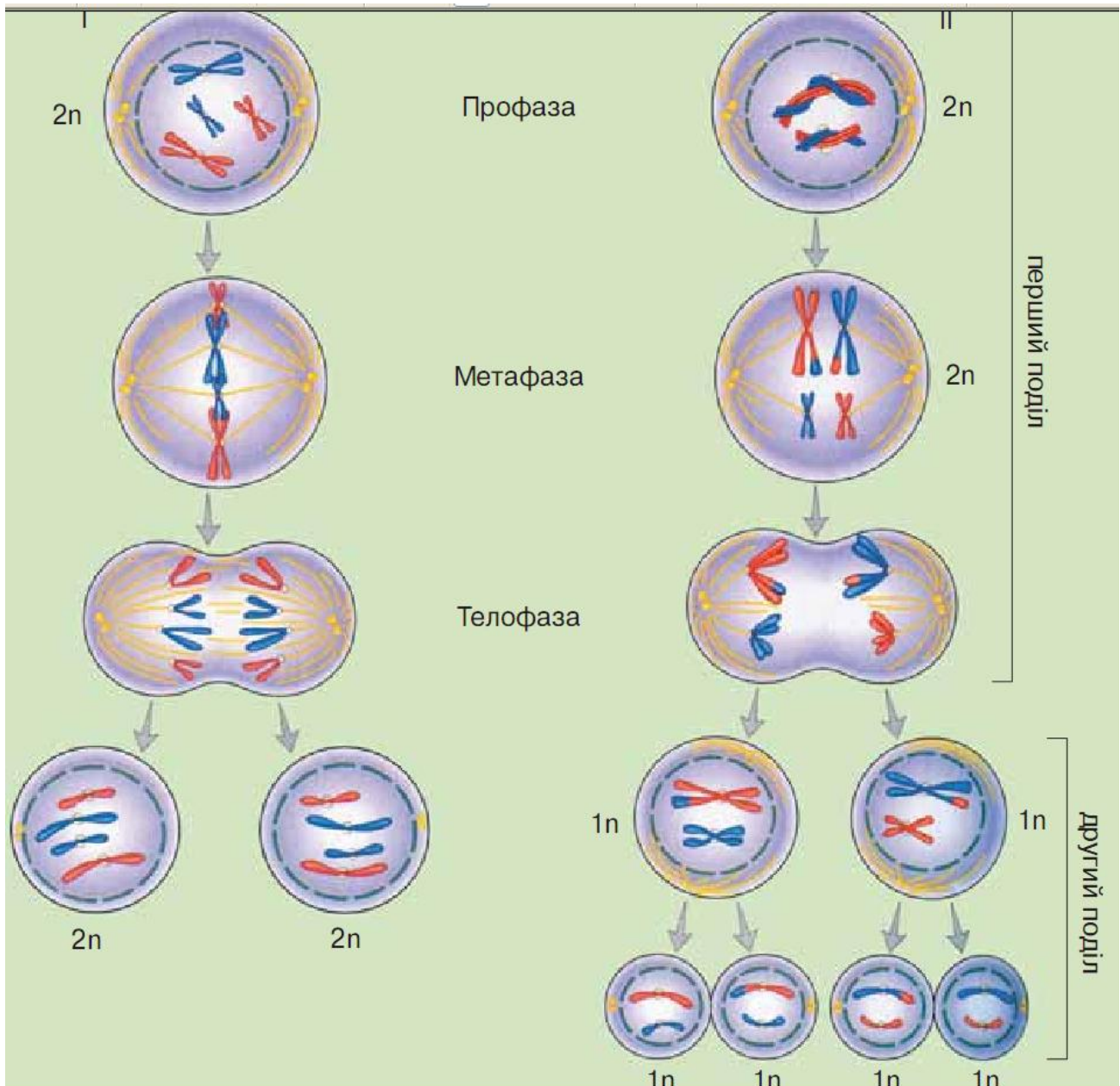
Під час профазі **другого мейотичного поділу (профази II)** хромосоми ущільнюються, зникають ядерця, руйнується ядерна оболонка, хромосоми починають пересуватися до центральної частини клітини, починає формуватися

веретено поділу (мал. 26.2). У метафазі другого мейотичного поділу (**метафазі II**) завершуються ущільнення хромосом і формування веретена (мал. 26.2).

В анафазі другого мейотичного поділу (**анафазі II**) хроматиди окремих хромосом розходяться до різних полюсів.

Під час телофази другого мейотичного поділу (**телофази II**) хромосоми знову деспіралізуються, зникає веретено поділу, формуються ядерця і ядерна оболонка. Завершується телофаза II поділом цитоплазми (мал. 26.2). 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.



Мал. 26.3. Розбіжності між мітозом (I) і мейозом (II)

За текстом та малюнком знайдіть відмінності між мітозом та мейозом.

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. Розбіжності між мейотичним поділом клітини та мейозом наведені на малюнку 26.3.

- **Місце мейозу у життєвому циклі організмів.** У 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. Наприклад, у паразитичних одноклітинних тварин-споровиків (зокрема, малярійного плазмодія), деяких водоростей (хламідомонади тощо) – поділ зиготи розпочинається мейозом. Отже, у них диплоїдна лише зигота, усі інші фази життєвого циклу мають гаплоїдний набір хромосом.

У багатоклітинних тварин і людини, навпаки, більша частина життєвого циклу представлена диплоїдними клітинами, гаплоїдні лише статеві. У них мейоз передує утворенню статевих клітин.

Ключові терміни та поняття. *Мейоз, кон'югація хромосом, кросингвер.*

Коротко про головне

► 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 кросингвер – 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 поділ зиготи розпочинається мейозом. У багатоклітинних тварин мейоз передує утворенню статевих клітин.

Запитання для самоконтролю. 1. Зі скількох поділів складається процес мейозу? 2. Що таке кон'югація гомологічних хромосом і кросингвер? 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?

§ 27.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБМІНУ РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В КЛІТИНАХ

Ключові терміни та поняття. Пластичний та енергетичний обмін, автотрофи, гетеротрофи, міксотрофи.

Коротко про головне

► Окремі клітини та організми належать до *відкритих систем*. Це означає, що їхнє існування можливе лише завдяки надходженню до 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.

► Для живих організмів, які населяють нашу планету, основним джерелом енергії є сонячне світло. Організми, які здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних, називають *автотрофами*. Більшість автотрофних видів – зелені рослини, ціанобактерії – використовують світлову енергію (*фототрофи*). Деякі бактерії – нітрифікуючі, залізо- та сіркобактерії – для синтезу органічних сполук з неорганічних використовують енергію, яка вивільняється під час здійснення екзотермічних хімічних реакцій (*хемотрофи*).

► Гриби, більшість тварин і бактерій належать до *гетеротрофів*. Для них джерелом енергії слугують хімічні зв'язки органічних сполук, утворених іншими організмами. *Міксотрофи* – організми зі змішаним типом живлення (росичка, омела, хламідомонада, евгена зелена). Такі організми здатні не лише синтезувати органічні сполуки з неорганічних, а й поглинати готові органічні речовини.

Запитання 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. Які джерела енергії використовують гетеротрофні організми?

§ 28.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ОБМІН

• **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* (синтез органічних сполук), *механічних* (скорочення м'язів, рух), *електричних* (проходження нервового імпульсу), *теплових* (підтримання сталої температури тіла), *світлових* (свічення деяких комах, глибоководних риб тощо).

Частина енергії, яка виділяється під час розщеплення органічних речовин, розсіюється у вигляді тепла, а частина – запасується у вигляді високоенергетичних хімічних зв'язків певних сполук. Такою універсальною сполукою – накопичувачем енергії в клітинах – є аденозинтрифосфатна кислота (АТФ).

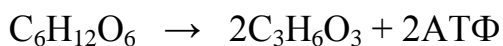
Енергетичний обмін відбувається в три послідовні етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий.

• **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*, оскільки сполуки, які утворилися на попередньому етапі, розщеплюються без участі кисню.

Анаеробне розщеплення (безкисневий етап) – 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. Процеси безкисневого розщеплення вуглеводів, або анаеробне дихання, узагальнено називають *гліколізом*. 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 (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 (дивись §21). Він супроводжується низкою окисно-відновних реакцій за участі певних ферментів. Унаслідок органічні сполуки, які утворилися на попередньому, безкисневому етапі, окиснюються до кінцевих продуктів – CO₂ та H₂O. 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*.

Загальне рівняння аеробного дихання таке:



Ключові терміни та поняття. Пластичний обмін, гліколіз, аеробне дихання.

Коротко про головне

► 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, 40 % якої запасається в макроергічних зв'язках 2-х 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 CO₂ та H₂O. Повне окиснення 2-х молекул молочної кислоти супроводжується виділенням енергії, достатньої для утворення 36 молекул АТФ. Під час цих перетворень запасається 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.

Запитання для самоконтролю. 1. Яке значення АТФ у процесах енергетичного обміну? 2. У скільки етапів відбувається енергетичний обмін? Назвіть їх. 3. Охарактеризуйте підготовчий етап енергетичного обміну. 4. Які процеси відбуваються під час безкисневого етапу енергетичного обміну? 5. Які умови здійснення кисневого етапу енергетичного обміну? 6. Скільки загалом молекул АТФ синтезується під час безкисневого та кисневого етапів енергетичного обміну?

§ 29.

ПЛАСТИЧНИЙ ОБМІН

• **Загальна характеристика пластичного обміну.** 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 (дивись §22), вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.

• **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.

Усім 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 слугує основою для синтезу білкових молекул. Такі процеси дістали назву *реакцій матричного синтезу*. Під час реакцій матричного синтезу мономері 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*.

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 (*реакцій матричного синтезу*).

• **Різноманітність автотрофних організмів.** 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 *хемотрофів* належать деякі групи бактерій: нітрифікуючі, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії та інші.

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 (дивись §21). Більшість автотрофних істот належить до фотоси-

нтезуючих організмів, або *фототрофів*. У клітинах рослин фотосинтез відбувається в хлоропластах, які містять фотосинтезуючі пігменти – хлорофіли. 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.

Ключові терміни та поняття. Пластичний обмін, реакції матричного синтезу, автотрофи, фототрофні та хемотрофні організми, хемосинтез, фотосинтез.

Коротко про головне.

► Основні процеси пластичного обміну – це біосинтез білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.

► **Біосинтез білків** відбувається з допомогою рибосом із амінокислот. Порядок розташування амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі під час його синтезу визначається певною послідовністю нуклеотидів у молекулі іРНК.

► 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 пептидних зв'язків. На всі ці процеси витрачається енергія АТФ.

► 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.

► Серед автотрофних організмів розрізняють хемотрофи і 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). Процес фотосинтезу відбувається в дві фази – світлову і темнову. Світлову фазу назва-

но так тому, що її реакції перебігають лише на світлі в мембранах особливих структур хлоропластів – тилакоїдів. Процеси темної фази можуть перебігати і за відсутності світла.

► 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 (O₃), який формує захисний озоновий шар (екран) атмосфери.

Запитання для самоконтролю. 1. Яка роль ДНК у біосинтезі білків? 2. Чим відрізняються процеси біосинтезу ДНК і РНК? 3. Які реакції відносять до реакцій матричного синтезу? 4. Які організми називають фототрофами та хемотрофами? 5. Які фізико-хімічні умови здійснення хемосинтезу? 6. Які організми здатні до хемосинтезу? 7. Яке біологічне значення хемосинтезу? 8. Як відбувається фотосинтез? 9. Чому без зелених рослин неможливе існування сучасної біосфери?

§ 30.

СУЧАСНА КЛІТИННА ТЕОРІЯ. МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИТОТЕХНОЛОГІЙ

Клітина – основна структурно-функціональна одиниця всіх організмів, елементарна цілісна жива система.

• **Клітина як інтегрована біологічна система.** 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 прокариотів 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).

Клітина становить собою *інформаційну систему*: у ній зберігається закодована спадкова інформація щодо особливостей будови та процесів життєдіяльності всього 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 відносну 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. Цю функцію забезпечують сигнальні білки клітинної мембрани. Клітинам як біологічним системам притаманна *ціліс-*

ність, 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. В першу чергу це стосується одномембранних органел - ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, вакуоль і лізосом

Між окремими функціональними ділянками можуть існувати функціональні й просторові зв'язки. Лише двомембранні мітохондрії і пластиди просторово безпосередньо не зв'язані з іншими структурами. 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.**

Уперше клітинну теорію сформулювали німецькі вчені М. Шлейден і Т. Шванн (1838). На сучасному етапі клітинна теорія охоплює такі положення (їх 9):

- усі організми складаються з клітин. Отже, клітина – елементарна одиниця будови живих істот;
- клітини всіх 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 зміни поколінь певного виду організмів;
- клітинам притаманна подразливість: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати;
- у більшості багатоклітинних організмів різні типи клітин формуються внаслідок спеціалізації протягом індивідуального розвитку особини;
- 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.

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 за допомогою світлової та електронної мікроскопії. 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 (нестатевих) клітин* організмів, які належать до різних видів, родин, родів тощо. При цьому за допомогою різних мікроскопічних технологій ядро однієї клітини переносять до іншої; в клітини одного виду переміщують хромосоми з клітин іншого тощо. Гібридизація нестатевих клітин дає змогу створювати препарати, які підвищують стійкість проти різних інфекцій, а також знищують деякі злоякісні пухлини (ракові захворювання).

Розроблена методика клонування організмів. Клоном 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. Це широко використовується при розмноженні рослин із цінними для людини властивостями. Клонування тварин розпочато лише в останні десятиріччя.

Ключові терміни та поняття. *Клітинна теорія, цитотехнології, клон.*

Коротко про головне

► 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 (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.

Запитання для самоконтролю. 1. Які властивості притаманні клітинам як самостійним біологічним системам? 2. У чому полягає просторовий і функціональний зв'язок між основними складовими клітини? 3. Які сучасні напрями досліджень у цитології? 4. Хто вперше сформулював клітинну теорію? 5. Назвіть основні положення клітинної теорії на сучасному етапі?

§ 31.

ВЗАЄМОДІЯ КЛІТИН І ЇХ ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ

• **Особливості організації багатоклітинних еукаріотів.** 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 клітинному рівні, а переважно – завдяки взаємодії тканин, органів та систем органів.

• **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 ентодерми*); 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. 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. Мікроскопічну будову тканин рослин досліджує мікроскопічна анатомія.

• **Явище диференціації клітин і формування тканин.** *Онтогенез – це індивідуальний розвиток організму*. 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*.

Диференціація – це поява якісних відмінностей у будові та функціях між клітинами чи тканинами.

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.

Учені встановили, що вже на ранніх етапах поділу зиготи одні клітини зародка впливають на інші. Це явище назвали *зародковим взаємовпливом (ембріональною індукцією)*. 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 гістолог О. Максимов).

Стовбурові клітини розташовані в особливих місцях різних тканин (зокрема, внутрішнього середовища та епітеліальних) людини та багатьох хребетних тварин. Вони здатні ділитися, при цьому їм властиве самопідтримання: 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 ділитися 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, 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.

Ключові терміни та поняття. *Тканина, гістологія, мікроскопічна анатомія, диференціація, ембріональна індукція, стовбурові клітини.*

Коротко про головне

► 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 індивідуальний розвиток (онтогенез). Стовбурові клітини дають початок усім диференційованим клітинам за весь період онтогенезу.

Запитання для самоконтролю. 1. Що таке тканина? 2. Поясніть явище диференціації клітин. 3. Як відбувається взаємодія клітин у багатоклітинному організмі? 4. Що становлять собою стовбурові клітини та яке їхнє біологічне значення?

Стовбурові клітини — це первинні клітини, що зустрічаються в усіх багатоклітинних організмах. Ці клітини можуть самовідновлюватися шляхом поділу клітини, а також можуть диференціюватися в досить велику кількість спеціалізованих типів клітин. Існують дві категорії стовбурових клітин ссавців: ембріональні стовбурові клітини, що походять від бластоцистів, та стовбурові клітини дорослого організму, що знаходяться у зрілих тканинах.

§ 32. ТКАНИНИ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН. ГІСТОТЕХНОЛОГІЯ

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. Покривний епітелій часто виділяє назвні щільну зовнішню оболонку – *кутикулу* (членистоногі, круглі черви та ін.).

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. 32.1, 32,2, 32.5). **Покривний одношаровий епітелій** утворює шкірні покриви багатьох безхребетних 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, 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. 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. 32.1, 32.5) 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. 32.2, 32,3). Вони входять до складу опорно-рухової системи та стінок більшості внутрішніх органів, забезпечують рухи (переміщення в просторі) всього тіла чи окремих його частин. 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. 32.2). Їхні 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.

Посмугована (поперечносмугаста) м'язова тканина складається з багаторядних видовжених великих волоконець (мал. 32.2, 32,3). 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. 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. 42.3). 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.

За особливостями будови кардіоміоцити можна поділити на три групи. Одні з них, які називають робочими, складають основу серцевого м'яза.

Інша група кардіоміоцитів – водії ритму – забезпечують ритмічні скорочення серця. Частина кардіоміоцитів характеризується секреторною активністю. Вони виділяють гормон, який регулює артеріальний тиск.

• **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. 32.2, 32.4). 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. Нейрон складається з тіла та відростків (аксонів та дендритів). У тілі розташовані ядро та інші органели (мал. 32.4). Ак-

сон – 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 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 мієліною оболонкою, — *нервів*.

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, запасуючу, 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. 32.1, 32.5).

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. 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. ***Щільна сполучна тканина*** входить до складу власне шкіри (дерми) та окістя, з неї побудовані зв'язки та сухожилки.

Сполучні тканини зі спеціальними властивостями – це ембріональна, **жирова та ретикулярна** (мал. 32.5, 32.6, 32.7). ***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. 32.5, 32.7). Основні її функції – накопичення запасів поживних речовин 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. Складається з волокон і клітин – фібробластів, а також стовбурових клітин. У кровотворних органах ретикулярна тканина створює оточення для клітин крові, що розвиваються (32.6).

Рідкі тканини – кров і лімфа складаються з рідкої міжклітинної речовини (*плазма*), у якій розташовані окремі клітини (*формені елементи*; у крові – це *еритроцити, тромбоцити та лейкоцити*) (мал. 32.10). 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 (мал. 32.5).

Лейкоцити мають ядра та виконують захисні функції, спричинюючи імунні реакції. Різновиди лейкоцитів (*лімфоцити, моноцити* тощо) відрізняються за розмірами, особливостями будови та функцій, тривалістю життя.

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) міжклітинної речовини та входять до складу опорно-рухового апарату.

Хрящова тканина складається з клітин та органічної основної речовини, яка визначає її міцність та пружність (мал. 32.1, 32.5, 32.9). 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.

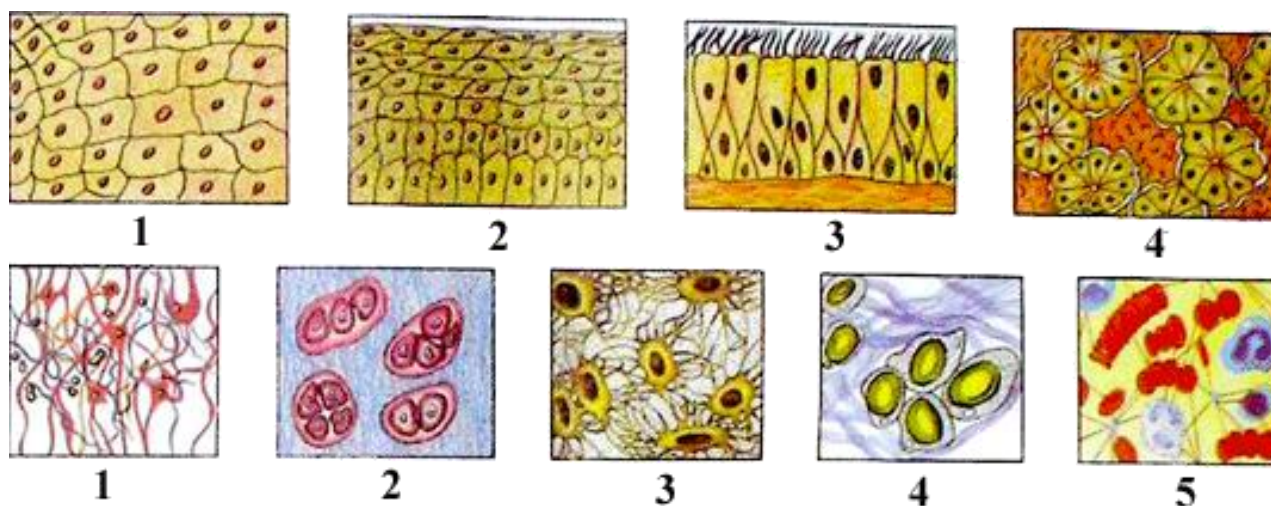
Кісткова тканина має високий вміст неорганічних солей, що надає їй особливої міцності (мал. 32.1, 32.5, 32.8). У міжклітинній речовині містяться карбонати та фосфати Кальцію, а також особливі білки (колагенові та ін.). Твірні та руйнівні клітини забезпечують заміщення хрящової тканини кістковою, перебудову та регенерацію кісток. 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

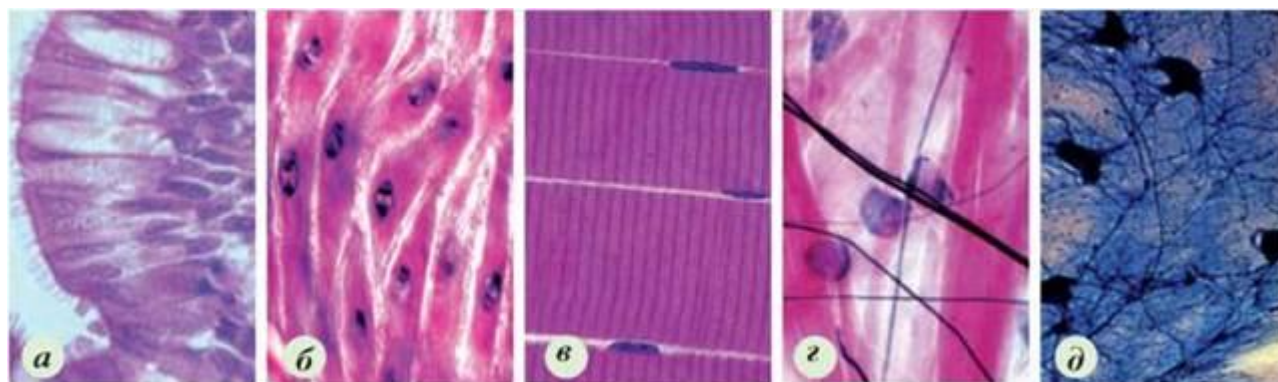
канал, заповнений сполучною тканиною, в якій розташовані кровоносні судини і нервові волокна.

• **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 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.

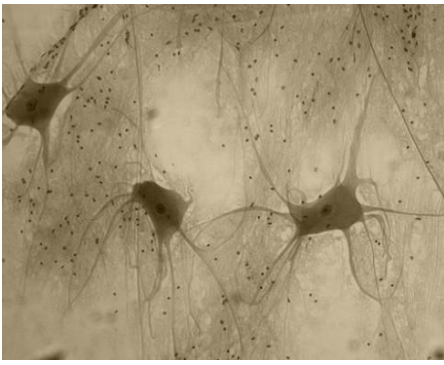


Мал. 32.1. Епітеліальні тканини (верхній ряд): 1 – одношаровий плоский епітелій, 2 – багатошаровий епітелій, 3 – війковий епітелій, 4 – залозистий епітелій.

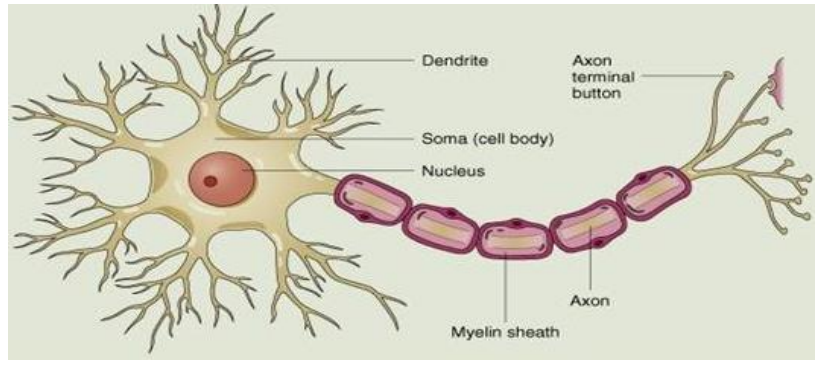
Сполучні тканини (нижній ряд): 1 – пухка сполучна, 2 – хрящова, 3 – кісткова, 4 – жирова, 5 – кров



Мал. 32.2. Типи тканин: епітеліальна (а); м'язові — гладенька (б) і позмугована (в); сполучна (г); нервова (д)

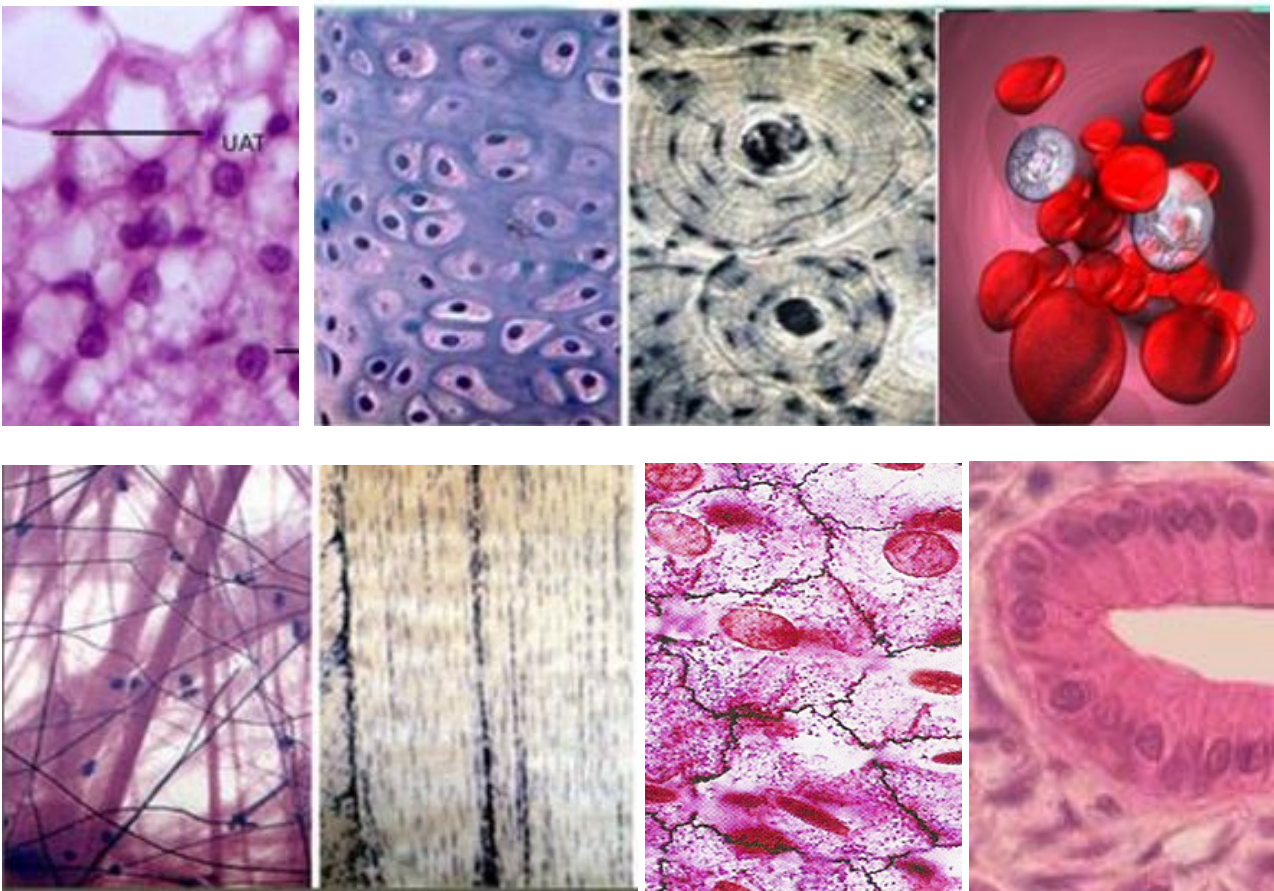


А



Б

Мал. 32.3. Нервова тканина людини: А – вигляд під мікроскопом; Б – будова нейрона (на малюнку позначено дендрити, тіло клітини, ядро, мієлінова оболонка, аксон, закінчення аксона - синапс)



Мал. 32.4. Види тканин : верхній ряд – жирова тканина(біла і бура), хрящ, кістка, кров; нижній ряд – пухка і щільна сполучна тканини, одношаровий плоский і залозистий епітелій

Ключові терміни та поняття. Ретикулярна тканина, остеон, гісто-технології.

Коротко про головне

► 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.

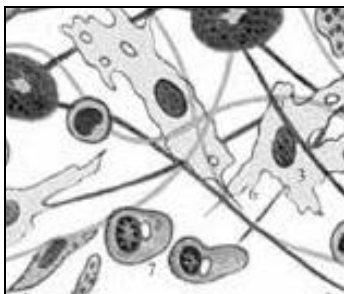
► М'язова тканина здатна до скорочень у відповідь на подразнення, зокрема на нервовий імпульс. Залежно від будови та особливостей функціонування розрізняють непосмуговану (гладеньку) та посмуговану (поперечносмугасту) м'язові тканини.

► Нервова тканина здатна до збудження у відповідь на дію подразника та його проведення в організмі. Вона складається з нервових (нейронів) і допоміжних (нейроглії) клітин.

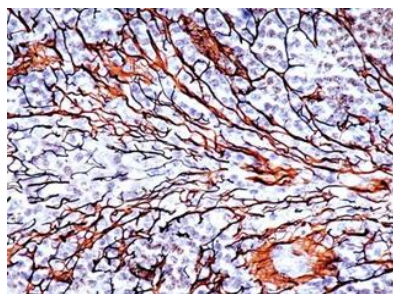
► Тканини внутрішнього середовища виконують різноманітні функції: підтримання гомеостазу, захисну, розподільну, транспортну, опорну, запасуючу, відновлення ушкоджених органів тощо. Вони складаються з клітин і добре розвиненої міжклітинної речовини, що має різну будову. Їх поділяють на сполучні, скелетні 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.

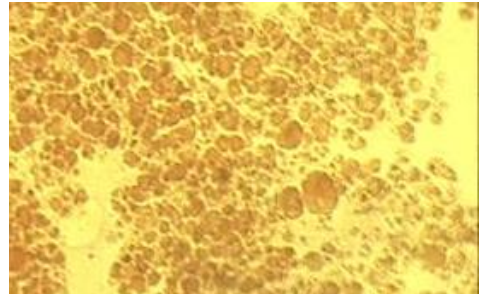
Запитання. 1. Які типи тканин розрізняють у багатоклітинних тварин? 2. Що становлять собою епітеліальні тканини? Які їхні різновиди за будовою та функціями вам відомі? 3. Які особливості будови та функції м'язових тканин? Які види м'язової тканини вам відомі? 4. Які властивості та будова нервової тканини? 5. Що становлять собою тканини внутрішнього середовища? Які види цих тканин вам відомі? 6. Що таке гістотехнологія?



1



2



3

Мал. 32.5. Ретикулярна (1,2) і жирова тканини (3)



Мал. 32.8. Кісткова тканина

§ 33. ТКАНИНИ РОСЛИН

Ключові терміни та поняття. Меристема, епідерма, ксилема, флоема.

Коротко про головне. Тканини рослин поділяють на **твірні, покривні, провідні, механічні та основні** (мал. 33.1.).

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 продихи, 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.

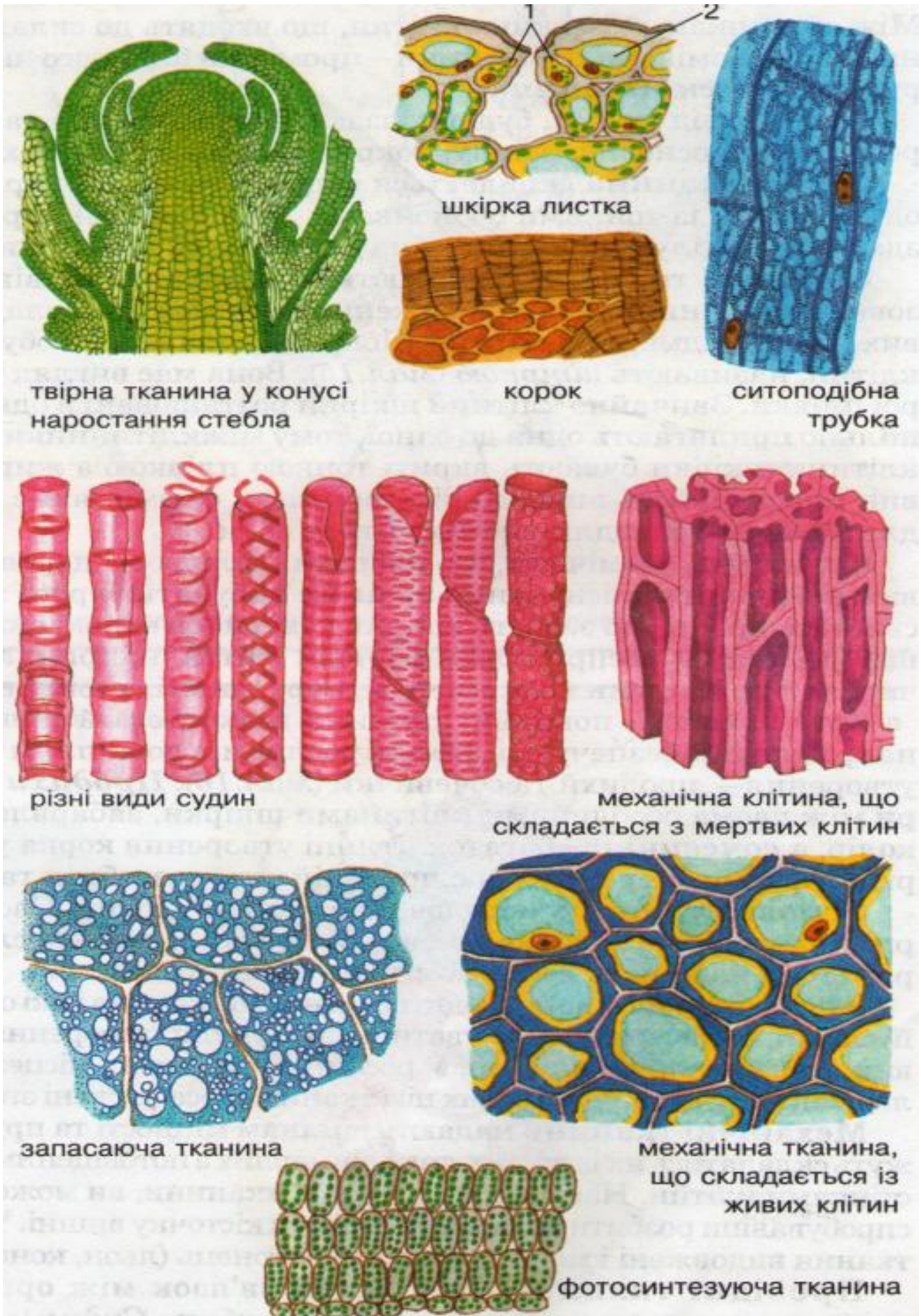
Судини, трахеїди та ситоподібні трубки разом з механічними та основними тканинами утворюють судинно-волокнисті пучки, наприклад жилки листків.

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.

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 асиміляційну, запасуючу, повітроносну. Окремі клітини основної тканини виконують секреторну функцію, синтезуючи смоли, ефірні олії тощо і виділяючи їх назовні.

Запитання 1. Які типи рослинних тканин ви знаєте? 2. Що таке твірні тканини? Які види меристем вам відомі? 3. Які функції здійснюють покривні тканини? Які є види покривних тканин? 4. Що таке епідерма та корок? 5. Що таке продихи? Які їхні функції? 6. Які будова та функції провідних тканин? 7. Що ви знаєте про механічні та основні тканини



твірна тканина у конусі
наростання стебла

шкірка листка

корок

ситоподібна
трубка

різні види судин

механічна клітина, що
складається з мертвих клітин

запасаюча тканина

механічна тканина,
що складається із
живих клітин

фотосинтезуюча тканина

Мал. 33.1. Тканини рослин

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ І ОДНОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

§ 34.

БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ ВІРУСІВ. ПРІОНИ

• **Що становлять собою віруси?** 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. (¹Нанометр (нм) – міра довжини, =10⁻⁹ м.)

Наука, яка вивчає будову і функції вірусів, їхні властивості, шляхи передачі та способи лікування і профілактики вірусних захворювань, має назву **вірусологія**. Учені відносять віруси до особливого підрозділу живої природи — царства **Віра**. Властивості вірусів:

- неклітинна будова;
- облігатний паразитизм у прокаріотичних та еукаріотичних клітинах;
- 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.

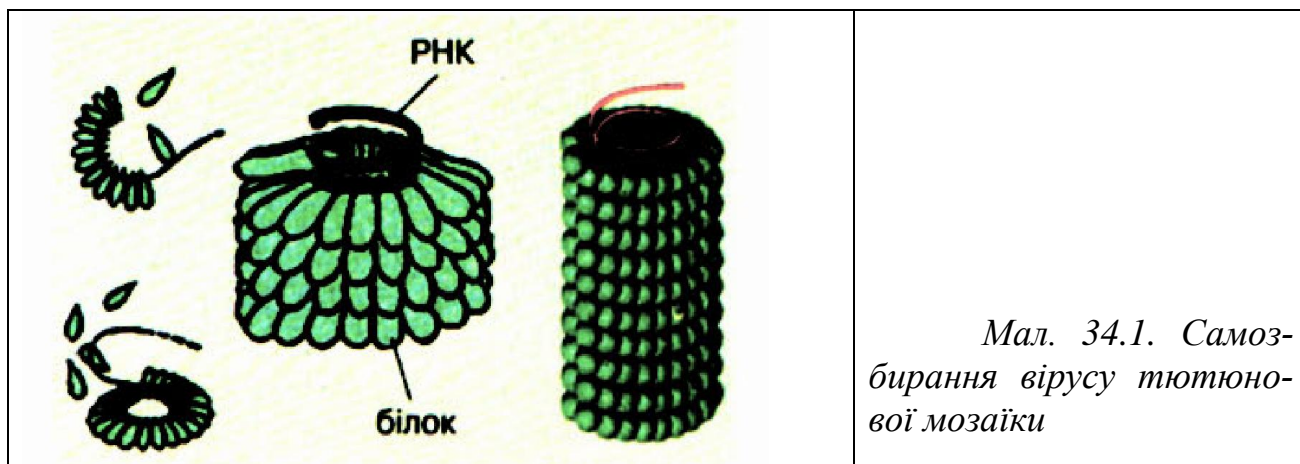
• **Будова вірусів.** У зовнішньому середовищі (поза клітиною) віруси перебувають у вигляді окремих частинок – *віріонів*.

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, мал. 30.1). *Складні віруси* під час формування віріонів захоплюють частину клітинної плазматичної мембрани, яку вони «інкрустують» власними білками і використовують як зовнішню оболонку.

• **Пріони.** Вірусологія, крім вірусів, вивчає також інші інфекційні неклітинні форми живого – віроїди та пріони.

Пріони – білкові частинки, здатні спричинити захворювання нервової системи людини і тварин. Пріонові (або повільні) інфекції характеризуються повільним, але неухильним розвитком симптомів та завершуються загибеллю хазяїна.

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 скреїпи овець і кіз, сказ корів та захворювання головного мозку курей, кішок, оленів та ін.



Мал. 34.1. Самозбирання вірусу тютюнової мозаїки

Ключові терміни та поняття. Віруси прості та складні, вірусологія, віріон, віроїди, пріони.

Коротко про головне.

▶ Наука, яка вивчає будову і функції вірусів, 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 з використанням структур, органічних речовин та енергії клітини-хазяїна.

▶ Кожна вірусна частинка (**віріон**) складається з єдиної одно- або дволанцюгової молекули ДНК або РНК та оболонки. Залежно від особливостей хімічного складу оболонки віруси поділяють на прості та складні. У простих вірусів оболонка складається з білків, у складних – білків, ліпідів та вуглеводів.

▶ **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.

▶ **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. Яка наука вивчає віруси? 2. Які особливості будови вірусних частинок? 3. Які віруси називають простими та складними? 4. Що таке віріон? 5. Що собою становлять віроїди? 6. Що таке пріони? 7. Які причини виникнення пріонних захворювань?

§ 35.

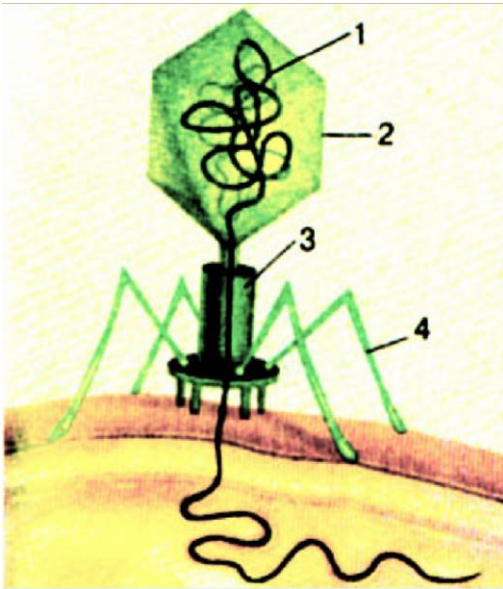
РОЗМНОЖЕННЯ ВІРУСІВ.

ОСНОВНІ ЕТАПИ ВЗАЄМОДІЇ ВІРУСУ І КЛІТИНИ

Розрізняють віруси рослин, людини і тварин та бактерій.

- **Віруси бактерій, або бактеріофаги.** Проникнення частинок бактеріофагів до прокариотичної клітини хазяїна має особливості. Розглянемо цей процес на прикладі бактеріофага T4, будова якого показана на малюнку 35.1. Бактеріофаг T4 складається з головки, всередині якої знаходиться геном у вигляді дволанцюгової ДНК та хвостового відростка із чохлом.

До кінця хвостового відростка приєднано шість білкових ниток, які закінчуються особливими ділянками – рецепторами. Вони взаємодіють з глікопротеїдами на поверхні клітинної стінки бактеріальної клітини-хазяїна (кишкова паличка). Після цього бактеріофаг щільно притискає до клітинної стінки хвостовий відросток і впорскує свою дволанцюгову молекулу ДНК в цитоплазму клітини.



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 T4 містить близько 150 генів.

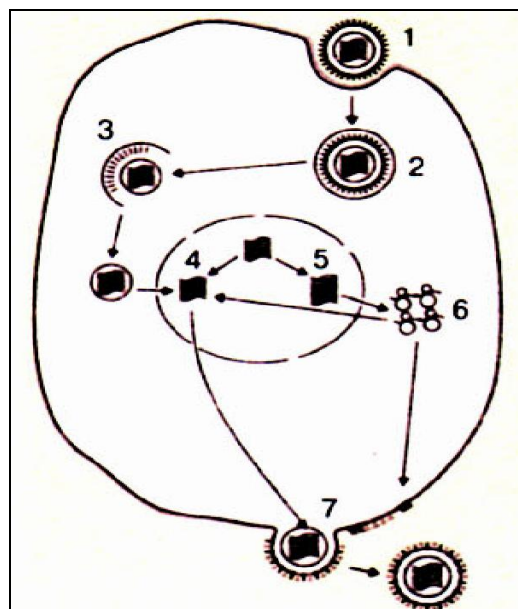
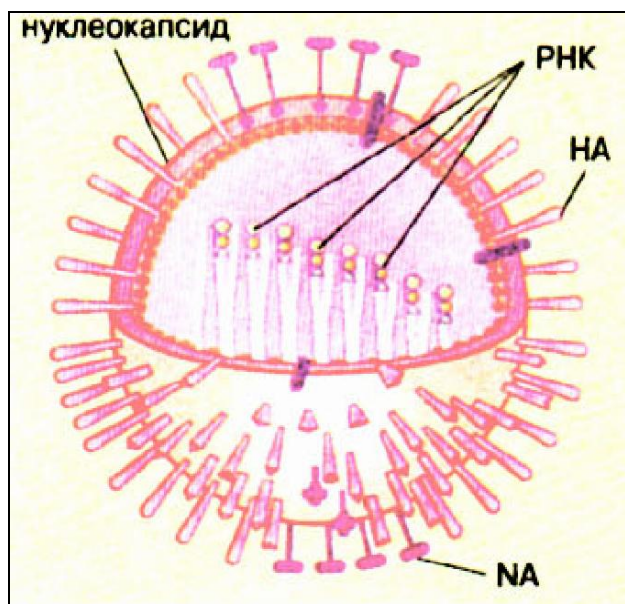
Мал. 35.1. Схематична будова бактеріофага T4: 1 – геном (ДНК); 2 – головка; 3 – хвостовий відросток; 4 – білкові нитки

- **Віруси людини і тварин.** *Вірус грипу* належить до складних вірусів. Його генетична інформація закодована у вісьмох одноланцюгових молекулах РНК (мал. 35.2). Вірус грипу передається повітряно-крапельним шляхом, уражуючи слизові оболонки верхніх дихальних шляхів. Приєднавшись за допомогою рецепторних молекул до клітин епітелію, вірусна РНК проникає через цитоплазму до ядра клітини.

У клітині відбувається самозбирання вірусних частинок, яке супроводжується руйнуванням клітинних структур і виходом віріонів у міжклітинний простір (мал. 35.3). Коли таких клітин в епітеліальній тканині виявиться багато, спостерігають симптоми інфекції. Накопичення решток зруйнованих 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.

Чому майже щороку люди хворіють на грип? Адже імунна система повинна була б забезпечити захист організму. 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 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. 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. 35.2. Схематична будова вірусу грипу: NA та НА – різні поверхневі білки

Мал. 35.3. Життєвий цикл вірусу грипу: 1 – приєднання вірусу до чутливої клітини; 2 – утворення 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

• **Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ)** призводить до розвитку смертельно небезпечного захворювання – синдрому набутого імунодефіциту, тобто СНІДу. 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.

Зараження ВІЛ відбувається під час статевих 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 рукоштованні.

З моменту проникнення вірусу в чутливу клітину починається прихований період ВІЛ-інфекції – вірусносієство, 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* – 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 14 млн у всьому світі живуть з ВІЛ-інфекцією.

• **Особливості поширення вірусів у біосфері.** 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 (гепатит В, ВІЛ), або певних видів тварин (ящур, чума собак), 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, кір, вітряна віспа); 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, імунодефіцит людини, гепатит С).

Досить часто виникають сприятливі умови для поширення вірусів, що призводить до спалахів епідемій інфекційних захворювань (грипу, кору, СНІДу). Нагадаємо: *епідемією* 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*. Значний внесок у розвиток цієї науки зробив відомий український учений Д.К. Заболотний.

Ключові терміни та поняття. *Бактеріофаг, вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), синдром набутого імунодефіциту людини (СНІД), патогенність, епідеміологія, пандемія.*

Коротко про головне

▶ **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.

▶ Синдром – сукупність ознак (симптомів) певного захворювання.

▶ **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. **Вірус грипу** належить до складних вірусів. Його генетична інформація закодована у вісьмох одноланцюгових молекулах РНК. Вірус грипу передається повітряно-крапельним шляхом, уражуючи слизові оболонки верхніх дихальних шляхів.

▶ Частинка (віріон) складного вірусу **імунодефіциту 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 імунодефіциту людини.

▶ **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.

▶ **Пристосування** вірусів до внутрішньоклітинного паразитизму проявляються в різноманітності способів ефективного зараження хазяїв (повітряно-крапельним шляхом, з їжею та питтям, через слизові оболонки тощо). Переносниками віріонів часто слугують різні членистоногі та кліщі. Зараження можливе також при недотриманні санітарних норм під час переливання крові або хірургічних операцій та при статевих контактах.

▶ 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 імунодефіциту людини (ВІЛ), який спричинює смертельну хворобу – синдром набутого імунодефіциту (СНІД).

Запитання для самоконтролю. 1. Які особливості розмноження бактеріофагів? 2. Що вам відомо про віруси людини? Наведіть приклади. 3. Які основні характеристики вірусів грипу та ВІЛ? 4. Які ви знаєте шляхи передачі збудників вірусних інфекцій людини, тварин і рослин у природі? 5. Які ви знаєте способи запобігання вірусним інфекціям? 6. Що таке епідемічний процес?

§ 36.

ПРОФІЛАКТИКА ТА ЛІКУВАННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ

• **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.

Так 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.

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).

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.

Убитими, або інактивованими, називають вакцини, у складі яких є віруси, оброблені токсичними речовинами (наприклад, формаліном) або рентгеновським випромінюванням. *Спільним для всіх вакцин є наявність вірусного білка, який розпізнається імунною системою хазяїна як антиген, стимулюючи вироблення відповідних антитіл.*

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).**

Часто вакцинують не все населення, а лише ту частину, для якої ризик зараження найвищий. Наприклад, проти кліщового 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.

Ключові терміни та поняття. Специфічний, неспецифічний імунітет.

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. При повторному потрапленні в організм цього антигену імунна система швидко утворює велику 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 або вакцинації.

▶ Неспецифічний (вроджений, або природний) імунітет ґрунтується на пригнічуванні 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?

§37.

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРОКАРІОТИЧНИХ ОРГАНІЗМІВ. РОЛЬ У ПРИРОДІ ТА ЖИТТІ ЛЮДИНИ

Ключові терміни та поняття. Мікроорганізми, мікробіологія, кон'югація, спороутворення, 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. До складу їхньої клітинної стінки входить особлива сполука муреїн.

▶ Серед справжніх бактерій є гетеротрофи (сапротрофи, паразити, мутуалістичні види, коменсали) та автотрофи (фототрофи та хемотрофи). Фотот-

рофи – це зелені бактерії, пурпурові сірчані та несірчані бактерії, ціанобактерії. До хемотрофів належать нітрифікуючі бактерії, залізобактерії, безбарвні сіркобактерії тощо.

► Клітини прокариотів 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 прокариотів за допомогою вітру, води, живих організмів та зараження хазяїв.

► 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, утому 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 організмами.

► Багато прокариотів 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 прокариотів викликають масову загибель організмів водних екосистем. Для здоров'я та життя людини і тварин становлять смертельну небезпеку бактерії-*лентоспори*, які часто трапляються у стоячих водоймах.

► Серед бактерій є багато паразитичних видів, здатних спричиняти небезпечні захворювання людини, свійських тварин чи культурних рослин. Найвідоміші бактеріальні захворювання людини – *ангіна, пневмонія, дизентерія, дифтерія, туберкульоз, холера, тиф, чума, скарлатина, сифіліс, гонорея* та багато інших, тварин – *сибірка, бруцельоз* тощо. Бактеріальні захворювання лікують за допомогою антибіотиків або лікувальних сироваток.

► Сапрофітні бактерії вражають продукти харчування, виробляючи небезпечні токсичні сполуки (*ботулізм*).

Запитання для самоконтролю. 1. Які організми називають прокариотами? 2. Які групи виділяють у межах надцарства Прокаріоти? 3. Які типи живлення притаманні прокариотам? 4. Які способи розмноження відомі у про-

каріотів? 5. З якою метою людина використовує прокаріотів у господарстві? 6. Що таке біотехнологія? 7. Яку роль мікроорганізми відіграють у біосфері?

§38.

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОДНОКЛІТИННИХ ЕУКАРІОТІВ

Ключові терміни та поняття. Протисти, інцистування, таксиси.

Коротко про головне

► 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.

► 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.

Запитання для самоконтролю. 1. Чим різняться між собою одноклітинні та багатоклітинні еукаріоти? 2. Які особливості будови оболонки клітини в різних груп протистів? 3. Які типи живлення зустрічаються у протистів? 4. Як розмножуються протисти?

§ 39.

РОЛЬ ПРОТИСТІВ У ПРИРОДІ, ГОСПОДАРСТВІ ТА ЖИТТІ ЛЮДИНИ

Коротко про головне

► Одноклітинні еукаріоти, клітина яких має черепашку, панцир чи мінеральний внутрішньоклітинний скелет, відіграють важливу роль в утворенні осадових порід – вапняків, крейди, діатомітів, радіоляритів тощо.

► Викопні 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 сполуки. Паразитичні протисти, оселяючись в організмах людини, тварин і рослин, спричиняють різноманітні інфекційні та інвазійні захворювання (запалення мозку, малярія, сонна хвороба, піроплазмози, грибки).

Запитання для самоконтролю. 1. Яка роль протистів в утворенні осадових порід? 2. Яка роль протистів у процесах ґрунтоутворення? 3. Що таке біологічна індикація стану довкілля? 4. Яких протистів людина використовує для отримання лікарських препаратів та харчових продуктів? 5. Які захворювання людини, свійських тварин та рослин викликають протисти?

ТЕМА 2. БАГАТОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

§ 40.

БАГАТОКЛІТИННІ ЕУКАРІОТИ

• **Царства еукаріотів.** Багатоклітинні еукаріоти належать до одного з трьох царств: Рослини, Гриби і Тварини. Усі багатоклітинні еукаріоти перебувають на організмовому рівні організації живої матерії.

• **Царство Рослини.** 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.); або так звані напівпаразитичні (наприклад, омела;) рослини належать до міксотрофів.

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. До складу клітинних стінок грибів часто, крім інших полісахаридів, входить нітрогеновмісний полісахарид хітин. У цитоплазмі відсутній клітинний центр. Там само запасується 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). 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.** 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 і утворюють тканини і органи.

Для багатоклітинних організмів характерний індивідуальний розвиток (*онтогенез*), який починається від зародження і закінчується смертю. Онтогенез, у свою чергу, включає зародковий і післязародковий періоди розвитку.

• **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.

• **Тканини, органи.** *Тканиною називають сукупність клітин, подібних за будовою, функціями та походженням.* З тканин утворюються органи і системи органів. *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, статева та інші системи.

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.*

Коротко про головне

▶ 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 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 галом, 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 орган, система органів і функціональна система органів? 5. Які органи називають репродуктивними та генеративними?

§41.

ОРГАНИ ТА СИСТЕМИ ОРГАНІВ

Коротко про головне

► 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.

Системи органів хребетних тварин

Система органів	Функції системи	Органи, які входять до складу системи
Покриви тіла	<p>Покриви тіла відділяють організм тварини від зовнішнього середовища й захищають його від дії несприятливих факторів. Крім того, вони не дозволяють організму тварини віддавати необхідні йому речовини в зовнішнє середовище.</p> <p>У багатьох тварин покриви тіла відіграють важливу роль у процесах газообміну</p>	Шкіра

Опорно-рухова	Опорно-рухова система тварини забезпечує її переміщення в просторі. Вона також є каркасом тіла тварини й допомагає йому зберігати певну форму. Ще однією функцією опорно-рухової системи є захисна — вона захищає внутрішні органи від механічних пошкоджень	Скелет і м'язи
Травна	Травна система забезпечує організм поживними речовинами. У ній відбувається переробка органічних речовин, які надходять в організм із зовнішнього середовища	Зуби, язик, слинні залози, стравохід, шлунок, кишечник, печінка, підшлункова залоза
Транспортна	Транспортна система забезпечує швидке перенесення речовин з однієї частини тіла в іншу. Вона також відіграє важливу роль у регуляції багатьох процесів, бо є переносником гормонів, поживних речовин і продуктів обміну	Серце, артерії, вени, капіляри
Дихальна	Дихальна система забезпечує доставку в організм тварини кисню й видалення з нього вуглекислого газу	Легені, зябра, шкіра
Видільна	Видільна система забезпечує видалення з організму тварини продуктів обміну речовин	Нирки, легені, шкіра, сечовід, сечовий міхур
Ендокринна	Ендокринна система бере участь у регуляції роботи окремих органів і систем органів організму. Вона забезпечує тривалі реакції організму на зміни умов. Для передачі сигналів у ендокринній системі використовуються біологічно активні речовини — гормони	Гіпоталамус, гіпофіз, підшлункова залоза, статеві залози, щитовидна залоза, прищитовидні залози, епіфіз
Нервова	Нервова система розшифровує показання органів чуттів і узгоджує з ними дії всіх інших органів. Вона також бере участь у регуляції роботи окремих органів і систем органів організму. Нервова система забезпечує швидкі реакції організму на зміни умов	Головний мозок, спинний мозок, нерви
Органи чуттів	Органи чуттів тварин сприймають інформацію з навколишнього середовища й передають її в нервову систему	Органи дотику, нюху, смаку, слуху, зору, рівноваги
Репродуктивна	Репродуктивна система забезпечує розмноження тварин	Статеві органи

Запитання для самоконтролю. 1. Які органи рослин належать до вегетативних, а які до репродуктивних? 2. Перерахуйте системи органів хребтних тварин. 3. Що становлять собою покриви тіла багатоклітин-

них тварин? 4. Из чого складається опорно-рухова система тварин? 5. Які функції транспортної та травної систем? 6. Яке значення для існування організму мають нервова система та органи чуття?

§42.

РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ У БАГАТОКЛІТИННИХ ОРГАНІЗМІВ

Ключові терміни та поняття. Регуляторні системи, нейрогуморальна регуляція.

Коротко про головне

▶ 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.

▶ 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, нейрон-гормонам, вітамінам тощо. Провідна роль у гуморальній регуляції належить системі залоз внутрішньої секреції та нейроендокринним 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. Як відбувається регуляція життєвих функцій у багатоклітинних тварин? 4. Які особливості нервової регуляції? 5. Які особливості гуморальної регуляції у тварин? 6. Що таке імунітет та імунна система?

Зміст

ВСТУП

§1-2. Система біологічних наук. Властивості та рівні організації життя	1
§3. Методи досліджень у біології. Значення біологічної науки у житті людини	4

РОЗДІЛ I. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ОРГАНІЗМІВ

§4 Елементний склад організмів	5
§5. Роль неорганічних речовин у життєдіяльності організмів	7
§6. Функції води у життєдіяльності організмів	9
ТЕМА 2. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ	
§7. Органічні речовини живих істот. Ліпіди	11
§8. Вуглеводи: різноманітність, властивості та функції	13
§9. Білки: будова та властивості	16
§10. Функції білків	19
§11. Нуклеїнові кислоти. Властивості та функції РНК. АТФ	21
§12. Будова, властивості та функції ДНК	24
§13. Біологічно активні речовини. Вітаміни, гормони, фактори росту	26

РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. СТРУКТУРА КЛІТИНИ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

§14. Клітина – основна структурно-функціональна одиниця організмів	28
§15. Будова клітин прокаріотів	31
§16. Будова та функції клітинних мембран	32
§17. Надмембранні та підмембранні комплекси клітин	36
§18. Будова та функції ядра клітин еукаріотів. Нуклеоїд прокаріотів	37
§19. Цитоплазма. Клітинні включення	39
§20. Синтез білка	41
§21. Одномембранні органели	46
§22. Двомембранні органели: мітохондрії та пластиди	49

ТЕМА 2. КЛІТИНА ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА. ТКАНИНИ

§23. Прокаріотична клітина як цілісна система	58
§24. Особливості організації каріотипу різних організмів	59
§25. Клітинний цикл. Мітоз	62
§26. Мейоз	65
§27. Загальна характеристика обміну речовин і перетворення енергії в клітинах	69
§28. Енергетичний обмін	70
§29. Пластичний обмін	72
§30. Сучасна клітинна теорія. Можливості використання цитотехнологій	74
§31. Взаємодія клітин і їх диференціація	77
§32. Тканини людини та тварин. Гістотехнологія	79
§33. Тканини рослин	86

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ І ОДНОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

§34. Будова і властивості вірусів. Пріони	88
§35. Розмноження вірусів. Основні етапи взаємодії вірусу і клітини	90
§36. Профілактика та лікування вірусних інфекцій	94
§37. Особливості будови та життєдіяльності прокаріотичних організмів	95
§38. Особливості організації та життєдіяльності одноклітинних еукаріотів	97
§39. Роль протистів у природі, господарстві та житті людини	98