

# ТЕМА 1

## БІОЕКОЛОГІЯ – ЯК НАУКА. ОРГАНІЗМ І СЕРЕДОВИЩЕ

**навчальна мета:** вивчити основні аспекти взаємодії середовища, дати поняття про середовище існування, екологічні чинники, еврибіонти і стенобіонти, адаптації організму і чим вони обумовлені, адаптивні біогеографічні закономірності, значення лімітуючих чинників.

**виховна мета:** розвивати культуру наукового пізнання світу; виробляти вміння логічно мислити; виховувати любов до професії

### ПЛАН

1. Біоекологія – як наука.
2. Екологічні явища, стани та процеси
3. Що таке середовище існування і екологічні чинники?
4. Класифікація екологічних чинників
5. Еврибіонти і стенобіонти
6. Яке значення лімітуючих чинників і в чому суть закону толерантності?
7. Як впливають на організм чинники і в чому суть закону М. Ламотта?
8. Що таке адаптації організму і чим вони обумовлені?
9. Адаптивні біогеографічні закономірності

**Біоекологія** - галузь науки й техніки, що перебуває на стику біології, екології й біотехнології в області охорони навколишнього середовища. Вона включає засоби, способи й методи створення й застосування технологічних процесів, режимів, прийомів, і встаткування, призначених для рішення екологічних питань із використанням біологічних об'єктів, у першу чергу мікроорганізмів і ферментів.

Тварини п рослини — своєрідний барометр. Якщо раптово виявляється, що тварини й рослини зникають, то це попередження: з екосистемою негаразд. Тому охорона тварин і рослин, за своєю суттю — охорона нас самих... Треба захищати їх, бо якщо підуть вони, підемо й ми. (Дж. Даррелл).

Зникнення видів і деградація довкілля викликають дедалі більше занепокоєння не лише вчених-екологів. Кількісне й якісне зубожіння біоти зазначають усі, хто хоч трохи стикається з дикою природою. Навіть не дуже спостережливі городяни помічають, що дедалі менше стає птахів, метеликів, риби, грибів, ягід, а передмістя, куди вони виїжджають на відпочинок, з кожним роком втрачають свою привабливість.

На думку одного з провідних світових експертів-екологів Е. Уілсона, зменшення різноманітності живої природи — найзагрозливіша серед змін довкілля, що відбуваються нині, бо це, мабуть, єдиний абсолютно

необоротний процес. У кожної держави є три основних надбання: матеріальне, культурне й біологічне. Що означають перші два — всім цілком зрозуміло, адже люди стикаються з ними в повсякденному житті. А ось надбання біологічне...

Протягом усієї історії розвитку біосфери нашої планети простежується тенденція збільшення кількості видів на Землі. Це збільшення не було стабільним, а характеризувалося періодами швидкого видоутворення, які чергувалися з періодами мінімальних змін видового багатства й періодами масового вимирання видів. Найбільше вимирання сталося наприкінці пермського періоду (близько 250 млн. років тому), коли, як гадають учені, зникло 77—96 % видів морської флори й фауни тієї епохи.

Проте в цілому вимирання видів — такий самий природний процес, як і утворення їх. Проблема полягає у співвідношенні цих двох процесів. Видоутворення — повільний процес, який триває десятки тисяч, а іноді й мільйони років. Тоді, коли темпи видоутворення відповідали темпам вимирання видів або перевищували їх, видова різноманітність перебувала на постійному рівні або зростала. Вчені вважають, що саме цей процес переважав протягом минулих геологічних епох[9, с. 154-155].

Сьогодні вченими описано близько 1.7 млн. сучасних видів, із них порівняно добре вивчено приблизно 3 %. Відносно вивченими вважаються 400—700 тис. видів, більш як половина залишаються практично невивченими — вони представлені тільки одиничними гербарними екземплярами, одиничними тушками черепами, іншими рештками чи навіть одиничними описами. За оцінками спеціалістів, іще від 15 до 80 млн. видів, які існують нині на планеті, людству поки що взагалі не відомі.

Стрімкий розвиток цивілізації не прискорив процесів видоутворення, але інтенсифікував процеси вимирання видів. Це відбувається через руйнування місць проживання видів, надмірну економічну експлуатацію окремих видів (масовий відстріл тварин, хижацьке рибальство, вирубування комерційно цінних видів дерев тощо), конкуренцію з екзотичними видами «чужих» фаун і флор, екстенсивне нарощування масштабів сільськогосподарської діяльності (передусім вирубування лісів і розорювання під сільськогосподарські угіддя цілих земель), глобальне техногенне забруднення біосфери.

Екосистемна біорізноманітність — це сукупність екосистем планети на всіх рівнях, починаючи з біогеоценотичного. Різноманітність елементарних екосистем планети — біогеоценозів — величезна. Найбільша цінність екосистемної різноманітності полягає в сукупності зв'язків між елементами екосистем — видами — та абіотичними факторами середовища. Вважають, що чим більше видове багатство екосистеми, тим вища її інформативність, тим краще збалансовані потоки речовини та енергії, тим злагодженіше працюють механізми її саморегуляції.

Екосистеми планети — найуразливіший компонент біологічної різноманітності. Навіть випадіння з екосистеми одного, другорядного стосовно продукції, виду порушує систему зв'язків, що складалася віками. А

вилучення з екосистеми виду-домінанта доценту руйнує її. Вирубуючи ліс, людина використовує для своїх потреб лише деякі органи одного, рідше — кількох видів (зазвичай стовбури однієї—п'яти деревних порід), але винищує при цьому сотні, а іноді й тисячі видів, супутніх домінантові.

Наприклад, навіть порівняно бідний на види біогеоценоз ялинника налічує в середньому кілька десятків видів вищих рослин, по кілька сотень видів бактерій, грибів, водоростей і безхребетних тварин, мінімум кілька видів хребетних. Заготівля стовбурів однієї тільки ялини на території експлуатованого біогеоценозу супроводжується загибеллю близько 1000 видів інших організмів.

Спробуйте уявити собі втрати, завдані біорізноманітності вирубуванням вологого тропічного лісу, де лише на одному дереві можна знайти аж 43 види мурашок, де на одному гектарі росте понад 700 видів деревних порід. Сьогодні територія, зайнята такими лісами, скоротилася більш як удвоє й продовжує скорочуватися на 1 % щороку. І це при тому, що у вологих тропічних лісах, за найобережнішими оцінками, неописаними (тобто невідомими науці) залишаються 80 % тварин і 30 % вищих рослин. Ці невідомі види не можна зберегти жодним іншим способом, окрім як зберігаючи екосистеми в цілому[10]

## **2. Екологічні явища, стани та процеси**

Екологія вивчає **сутність природи**— внутрішній зміст предмета, який виявляється в єдності всіх різноманітних властивостей і стосунків, а також явища — ті чи інші прояви природи, зовнішні форми її існування. Складна група явищ, окреслена як екологічна, виступає на трьох рівнях організації живої матерії: організму, популяції та біоценозу.

В ієрархії живого **організм** виступає як складна біологічна система, що взаємодіє з оточуючим середовищем, а також з оточуючими її організмами. Ні ген, ні органела, ні клітина, ні тканина, ні листок, ні корінь чи стовбур не виступають як цілісні системи у цій взаємодії. Вони можуть реагувати на дію того чи іншого фактора зовнішнього середовища, але відповідальним за життя рослини чи тварини є організм, який має багато механізмів для забезпечення **гомеостазу**(від грецьк. гомео — той самий, стаз — стан), тобто здатності протистояти змінам і зберігати стан рівноваги в організмі.

**Для екологічних явищ характерні повсюдність і спонтанність.** Вони мають глобальний характер, однак їх можна моделювати й у лабораторії і створювати керовані системи. Яскравим прикладом такої екологічної лабораторії є космічна станція, де в змодельованому і керованому середовищі живуть люди, рослини, тварини, мікроорганізми. Отже, екологічні явища спостерігаються там, де присутні організми. Часто говорять про "погану екологію" у містах чи на рудниках, беручи до уваги лише рівень техногенних забруднень, а не стан живих організмів, їх життєдіяльність і можливості існування. Такий підхід можна назвати технократичним і аж ніяк не екологічним. Адже екологічна наука передбачає

кількісну й якісну оцінку стану особин того чи іншого виду, а також їх місця у відповідних рівнях екосистем — популяції чи біоценозі.

**До екологічних явищ належить стан живої природи та процеси, які в ній перебігають, а також екологічні механізми, які управляють системою екологічних взаємозв'язків.**

**Екологічний стан** — це природна ситуація, яка виникла внаслідок дії біологічних, фізичних і хімічних чинників. Його можна встановлювати, вивчаючи, наприклад, породний склад і кількість біомаси дерев і чагарників або ж усіх рослин на ділянці лісу площею 1 га. В інших випадках екологічний стан визначається кількістю лісової підстилки і швидкістю її перегнивання, або ж кількістю мікроорганізмів, що заселяють 1 см<sup>3</sup> ґрунту.

Для оцінки екологічного стану часто звертаються до вивчення структури рослинного покриву, особливо коли мова йде про складні лісові чи паркові угруповання. Тоді вивчають ярусність насадження, проекцію крон, видовий склад дерев, чагарників і трав'яного покриву. Вивчення просторової структури лісової екосистеми дає змогу встановити кількість, вік і просторовий розподіл оленів чи інших представників мисливської фауни.

**Екологічні процеси** — це зміни стану у часі. До основних процесів, які є предметом екологічних досліджень, належать зміни кількості біомаси організмів у часі, зміни структури систем, рух енергії. Одним з прикладів вивчення динаміки процесів є визначення народжуваності та смертності виду. Це стосується і людського суспільства. Погіршення демографії, зокрема перевищення смертності над народжуваністю в сучасній Україні, є наслідком складних соціальних і екологічних процесів, які вимагають негайного вивчення і втручання.

## **2. Що таке середовище існування і екологічні чинники?**

Середовище життя організму – це сукупність абіотичних і біотичних умов його життя, які постійно міняються. Земною біотою освоєні три основні середовища: водна, наземно-повітряна і ґрунтова разом з гірськими породами поверхневої частини літосфери. Біологи ще виділяють четверте середовище — самі живі організми, заселені паразитами і симбіонтами. Дія середовища сприймається організмами через чинники середовища, названих екологічними.

Чинники — це рушійна сила процесів або умов, що впливає на них, суттєва обставина в будь-якому процесі, явищі. (С-Д, 2002.-с.461)

**Екологічні чинники - це певні умови і елементи середовища, які надають специфічну дію на організм.**

## **3. Класифікація екологічних чинників**

Найбільш поширеною є класифікація де чинники поділяються на абіотичні, біотичні і антропогенні.

**АБІОТИЧНИМИ ЧИННИКАМИ** називають всю сукупність чинників неорганічного середовища, впливаючих на життя і розповсюдження тварин і рослин. Серед них розрізняють: фізичні, хімічні і едафічні.

**Фізичні чинники**— це ті, джерелом яких служить фізичний стан або явище (механічне, хвильове і ін.). Наприклад, температура, якщо вона висока, — буде опік, якщо дуже низька, — обмороження.

**Хімічні чинники** — це ті, які походять від хімічного складу середовища. Наприклад, солоність води якщо вона висока, — життя у водоймищі може зовсім бути відсутнім (Мертве море), або зміст кисню, від якого залежить життя тварин на суші і у воді, і т.п.

**Едафічні чинники**, тобто ґрунтові, — це сукупність хімічних, фізичних і механічних властивостей ґрунтів і гірських порід, що діють як на організми, для яких вони є середовищем, так і на кореневу систему рослин. Добре відомі впливи біогенних елементів, вологості, структури ґрунтів, змісту гумусу і т.п. на зростання і розвиток рослин.

**Кліматичні чинники** – чинники повітряного середовища.



Рис. 1.3. Класифікація і структура екологічних факторів.

## БІОТІЧНІ ЧИННИКИ

сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших (внутрішньовидові і міжвидові взаємодії), а також їх вплив на неживе середовище.

**Внутрішньовидова взаємодія** між особинами складається під впливом так званих демографічних чинників. Вони характеризують динаміку чисельності і щільність груп організмів на рівні популяції, в основі якої лежить внутрішньовидова конкуренція. Вона виявляється в основному в територіальній поведінці тварин, які захищають місця своїх гніздувань і територію в окрузі.

**Міжвидові взаємостосунки** значно - більш різноманітні. Два види, що живуть поруч можуть взагалі ніяк не впливати один на одного, можуть впливати сприятливо або несприятливо. Можливі типи комбінацій різних видів взаємостосунків:

- нейтралізм — обидва види незалежні і не діють один на одного;
- конкуренція — кожний з видів діє на іншій несприятливо,
- мутуалізм — види не можуть існувати один без одного;
- протокооперація (співдружність) — обидва види утворюють співтовариство, але можуть існувати і роздільно, хоча співтовариство приносить їм обом користь;

- комменсалізм — один вид, комменсал, отримує користь від співжиття, а інший вид — господар не має ніякої вигоди (взаємна терпимість);

- аменсалізм — один вид, аменсал, потерпає від іншого - пригноблюється ріст і розмноження;

- паразитизм — паразитичний вид гальмує ріст і розмноження свого господаря і навіть може викликати його загибель;

- хижацтво — хижий вид харчується своєю жертвою.

Міжвидові відносини лежать в основі існування біотичних співтовариств.

Прикладом дії біотичних чинників на неживу природу може бути особливий лісовий мікроклімат або мікросередовище, де в порівнянні з відкритим місцепроживанням створюється свій температурно-кліматичний режим: взимку тут надекілька градусів тепліше, влітку — прохолодніше і вологіше. Але мікросередовище може мати і чисто абіотичну природу, наприклад, під сніжним покривом, в результаті дії снігу, взимку виживають дрібні тварини, зберігаються сходи озимих злаків і т.п.

**АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ**— чинники, породжені людиною і впливаючи на навколишнє природне середовище (забруднення, ерозія ґрунтів, знищення лісів і т.д.).

Антропогенний чинник - чинник, походження якого пов'язане з діяльністю (запланованою, випадковою, минулою..) людини.

Антропічний чинник- що виникає в ході безпосереднього впливу людини на будь-що. Розрізняють прямі і непрямі, позитивні і негативні.. (С-Д. 2002.-с. 461)

Наведемо ще один тип класифікації екологічних факторів.

Чинники, зміна яких в часі повторюються регулярно, називають **періодичними**. До них відносяться кліматичні і деяка гідрографія — приливи і відливи - деякі океанські течії, сезонні..

Чинники, що виникають несподівано (виверження вулкана, напад хижака і т.п.), називаються **неперіодичними**.

1. За часом: еволюційний; історичний; чинний (нині).

2. За періодичністю: періодичний неперіодичний.

3. За черговістю виникнення: первинний; вторинний.

4. За походженням: космічний; абіотичний (абіогенний); біогенний; біотичний;

5. біологічний; природно-антропогенний; антропогенний, техногенний. антропічний

6. За середовищем виникнення: атмосферний; водний (фактор вологості):

7. геоморфологічний; едафічний; фізіологічний; генетичний; популяційний;

екосистемний; біосферний.

За умовами дії: той, що залежить від щільності; той, що не залежить від щільності.

За характером: інформаційний; предметно-енергетичний; фізичний; геофізичний; термічний; хімічний; солоності; кислотності; біогенний (біотичний); комплексний;

8. Системотворювальний; географічний; еволюційний; кліматичний (світло, опади тощо).

9. За об'єктом дії: індивідуальний; груповий; етологічний; соціально-психологічний;

10. соціальний; соціально-економічний; видовий (у т. ч. людський). За спектром дії: вибіркового; загальної дії.

11. За ступенем дії: легальний; екстремальний; лімітуючий (обмежувальний); мутагенний; неспокою.

**Екологічна ніша** — комплекс чинників, необхідних для існування виду. Поняття екологічної ніші включає **Чинники** живої та неживої природи, зокрема зв'язки виду з іншими видами групи. Ніша, яку займає вид, визначає його поширення і роль в екосистемі. Ніші можуть перекриватися, якщо на один і той же ресурс одночасно претендують популяції двох або більше видів. Перекриття ніш призводить до конкуренції між видами, яка обмежує кількість особин у популяціях. Згідно з концепцією екологічної ніші два види, що потребують ідентичних ресурсів, не можуть існувати в одному й тому ж місці в один і той же час. У процесі еволюції види пристосувалися до розподілу екологічних ніш у просторі, у часі, за ресурсами.

Інші класифікації екологічних факторів

У 1958 р. А. С. Мончадський запропонував класифікацію факторів за характером їхньої дії.

**Стабільні фактори** — ті, що не змінюються протягом тривалого часу (земне тяжіння, сонячна стала, склад атмосфери та ін.). Вони зумовлюють загальні пристосування організмів, визначають належність їх до мешканців певного середовища планети Земля.

**Змінні фактори**, які в свою чергу, поділяються на **закономірнозмінні** і **випадковозмінні**

До закономірнозмінних належить періодичність добових і сезонних змін. Ці фактори зумовлюють певну циклічність у житті організмів (міграції, сплячку, добову активність та інші періодичні явища і життєві ритми).

**Випадковозмінні фактори** об'єднують абіотичні, біотичні, і антропогенні фактори, дія яких повторюється без певної періодичності (коливання температур, дощ, вітер, град, епідемії, вплив хижаків та ін.). Ці фактори впливають на чисельність популяцій і значною мірою зумовлюють амплітуду її коливань.

Крім цих груп слід виділити **сигнальні і орієнтаційні фактори**, які безпосередньо на метаболізм не впливають, але є причиною зміни стану або

поведінки організмів. До сигнальних факторів належать різні природні явища, які передують появі несприятливих факторів і завдяки сприйманню яких організм завчасно може перебудувати свій метаболізм або поведінку. Наприклад, скорочення дня є сигналом для підготовки до зими (накопичення жиру, формування міграційних зграй, міграції і впадання у сплячку деяких видів тварин). Орієнтаційні фактори також виконують сигнальну роль і сприймаються органами чуттів для визначення положення в просторі і часі. Деякі риби і птахи за розташуванням зірок на небі визначають міграційні шляхи. Орієнтиром можуть бути також особливості рельєфу, споруди людини.

#### **4. Еврибіонти й стенобіонти**

У екології широко використовуються такі поняття, як еврибіонти і стенобіонти.

**Еврибіонти** - це організми, які витримують широкі коливання певного фактора. Вони можуть бути евритермними (стосовно до температури), еврибатними (тиску), евригалійними (вмісту солі) і т. ін. Наприклад, сосна звичайна або заєць-біляк можуть виносити коливання температури від  $+30^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Це евритермні організми.

**Стенобіонти** - організми, які існують у вузьких межах коливання якогось фактора. Про них говорять і стенобатні, стенотермні, стеногалінні і т. ін. Наприклад, тепловодні рачки підтримують найкращу життєдіяльність при  $+23^{\circ}\text{C}$ ... $+29^{\circ}\text{C}$ .

**Приклад:** розвиток ікри різних риб проходить при різних температурах. Якщо ікра лосося розвивається при температурі від 0 до  $14^{\circ}\text{C}$  по Цельсію при оптимумі  $4^{\circ}\text{C}$ , то по вішошенню до ікри жаби вона буде стенотермна, так як температурні межі розвитку ікри жаби - від 0 до  $30^{\circ}\text{C}$  по Цельсію з оптимумом  $22^{\circ}\text{C}$ .

Взаємодія основних екологічних факторів може залежати від змін, які проходять у системі, тобто від взаємодії абіотичних і біотичних факторів.

Поряд з поняттями еврибіонти й стенобіонти у факторіальній екології широко використовується поняття «**екологічна валентність**» - Це властивість видів пристосовуватись до того чи іншого діапазону факторів середовища. Організми можуть мати широку або вузьку екологічну валентність стосовно до якогось фактору.

Сума екологічних валентностей стосовно до окремих факторів утворює **екологічний спектр**.

Отже організми, для життя яких обмежено вузьким діапазоном толерантності по величині температури, називають **стенотермними** («стено» - вузький), а здатних жити в широкому діапазоні температур, - **евритермними** («еврі» - широкий).

#### **Лімітуючі фактори - фактори які істотно впливають на організм.**

Багатовимірною нішею визначає екологічний діапазон певного виду стосовно факторів зовнішнього середовища. Діапазон значень будь-якого фактора, в межах якого вид здатний існувати, називають діапазоном толерантності. Наприклад, верес вегетує в діапазоні рН 3,5-4,5, жовтець - рН



4,5– 6,5, лисохвіст – рН 6,5 – 8,0. Ці значення рН є діапазоном толерантності до значень кислотності середовища вересу, жовтцю й лисохвосту відповідно. Зрозуміло, що в одному біогеоценозі всі ці три види рости не можуть. Загалом же кількість параметрів, які описують багатовимірну нішу конкретного виду, дуже велика.

Присутність і процвітання виду в певному біотопі залежать від усього цього комплексу умов. Проте відсутність чи неможливість процвітання визначається нестачею або, навпаки, надміром лише одного якого-небудь фактора. Наприклад, якщо за значенням вологості, освітленості, температури, вмісту азоту, фосфору, калію біотоп сприятливий для жовтцю, але значення рН виходить за межі діапазону толерантності (наприклад, становить 3,5), то жовтець у даному біогеоценозі розвиватися не буде. В цьому разі говорять, що рН — фактор, який обмежує розвиток жовтцю в конкретному біогеоценозі, або лімітуючий фактор.

Інший приклад. Чисельність зайця-біляка на невеликих островах у Білому морі залежить від багатьох факторів — температури, вітру, вологості, наявності укриттів, рівня захворюваності популяції й і. п., але найбільшою мірою визначається біомасою рослин, якими заєць харчується (злаків, бобових) та рівнем браконьєрства. Ці два фактори є лімітуючими, тоді як інші — другорядними.

Концепція лімітуючих факторів дає змогу зрозуміти, наскільки вразливі, незважаючи на здатність до саморегуляції, природні екосистеми, і разом із законом одного процента показує, як легко вивести біогеоценоз зі стану динамічної рівноваги.

#### **Екологічна валентність видів.**

Хоча діапазони толерантності в різних видів свої, проте криві, що описують ці діапазони, подібні. Якщо на осі абсцис відкласти діапазон значень якого-небудь фактора, а на осі ординат — інтенсивність розвитку виду, то залежність між цими параметрами описуватиметься дзвоноподібною кривою. Діапазон фактора, який зумовлює верхню частину кривої, називають зоною оптимуму даного фактора для даного виду. Нижні частини «дзвона» — це зони зниження життєдіяльності, або зони песимуму. Області значень фактора, де інтенсивність розвитку виду дорівнює нулю, — це зони смерті (так звані летальні зони), в межах яких даний вид існувати не може.

Діапазон зони оптимуму є критерієм визначення екологічної валентності виду. Види з широкими зонами оптимуму (високою екологічною валентністю) називають евритопними, тобто пристосованими до змін значень даного фактора в широких межах. Види з вузькими зонами оптимуму називають стенотопними.

Так, екологічний оптимум жовтцю стосовно рН ширший, ніж у квасениці (рис. 2. 8.). Відповідно жовтець є більш евритопним порівняно з квасеницею. Приклади евритопних видів — більшість бур'янів (пирій, суріпок, лутига тощо), багато кліщів, черепашкові амеби, цвілеві гриби, стенотопних — більшість лишайників, усі орхідні, багато хижих птахів та ін. Види з широкою екологічною амплітудою одразу за багатьма факторами

середовища часто називають убіквістами. Зазвичай у разі виходу екосистеми з рівноважного стану більш стенотопні види першими випадають із біогеоценозів, і саме ці види дають змогу помітити початок суцесійних змін у біогеоценозі. Цю особливість стенотопних видів широко використовують для біологічної індикації стану середовища.

Подібно температурі діють і інші лімітуючі чинники, а організми по відношенню до характеру їх дії називають, відповідно, стенобіонтами і еврібіонтами. Наприклад, говорять: організм стенобіонт по відношенню до вологості або еврібіонт до кліматичних чинників і т.п. Еврібіонтні організми найбільш ширше поширені на Землі.

Отже, в природних умовах організми залежать від **стану критичних фізичних чинників, від змісту необхідних речовин і від діапазону толерантності** самих організмів до цих і інших компонентів середовища.

В 2000 році від ожеледі постраждали лісові насадження Вінниччини. Але ліси Вінниччини екологічно пластичні і в період 2001-2007 роки йшла стабілізація і відновлення екологічних функцій лісу.

Локалізація пошкоджень на рівні екосистеми проходить в період консервації руйнівної сили льодоламу і відновлення,- що в принципі доводить - даний процес не випадає з загальних закономірностей які формують стійкість лісових екосистем. Зокрема, гомеостазу, який і є основою відновлення рівноваги в динаміці розвитку дерев.

2,5 млрд. років тому – розмах крил метеликів -5-7 м, таргани -1,5-2м...

В період розвитку життя на Землі – це постійні коливання параметрів різних чинників - і вижити організмам можливо було лиш пристосовуючись до них.

## **5. Яке значення лімітуючих чинників і в чому суть закону толерантності?**

Ще в 1840 році німецький хімік Фраєр Юстус фон Лібіх встановив «Закон Мінімуму» («діжка Лібіха»), який описує ефект впливу кожного хімічного елементу на рослину, Суть закону в тому, що вода при наповнені діжки починає переливатися через найкоротшу клепку в діжці й довжина решти вже немає значення. Так само поводить ся й рослина. Якщо, наприклад, вона (рослина) буде забезпечена калієм лише на 10%, а магнієм на 50%, то обмежуючим фактором у розвитку буде нестача калію. Це ж саме відбудеться якщо при 100% забезпеченні азотом, надійде лише 20% заліза та цинку - повноцінного результату чекати марно.

Не менш важливою є необхідність мінімізувати вплив на рослину негативних природних факторів. Кліматичні зміни, що відбулися в останні роки виключають можливість використання результатів багаторічних спостережень та досліджень погоди та її впливу на вегетацію рослин. Виникає необхідність швидкого реагування на такі зміни і при виникненні сприятливих факторів відразу забезпечити рослину повноцінним органомінеральним живленням, яке вона зможе засвоїти в повному обсязі.

Німецький агрохімік Ю. Лібіх у середині XIX в. встановив закон мінімуму: **урожай (продукція) залежить від чинника, що знаходиться в**

**мінімумі. Якщо в ґрунті якась речовина, наприклад, фосфор, міститься в мінімальних кількостях, то це знижує урожай.**

Але виявилось, що ті ж самі речовини, корисні при оптимальному вмісті, знижують урожай, знаходячись в надлишку. Значить, чинники можуть бути лімітуючими, знаходячись і максимумі.

Таким чином, лімітуючими (обмежуючими) екологічними чинниками слід називати такі чинники, які обмежують розвиток організмів через нестачу або їх надлишку в порівнянні з потребою (оптимальним змістом).

Чинники можуть діяти ізольовано і сукупно. Наприклад, урожай залежить від сукупної дії всіх чинників в житті рослин: температури, вологості, живильних речовин і ін. Проте чинники не можуть замінити один одного, що і знайшло віддзеркалення в законі незалежності чинників В.Р. Вільямса: **умови життя рівнозначні, жоден з чинників життя не може бути замінений іншим.** Наприклад, не можна дію води не замінити дією вуглекислого газу або сонячного світла.

Обмежуючий фактор може бути і біотичним за своєю природою - відсутність запилювачів. У 1913 році американський зоолог В.Шелфорд сформулював закон або правило толерантності, згідно з яким існування виду визначається не тільки фактором, який знаходиться у мінімумі, але і фактором, рівень якого наближається до максимуму. Закон толерантності Шелфорда розширює природу розуміння закону Лібіха.

У найзагальнішому виді всю складність впливу екологічних чинників на організм відображає закон толерантності І. Шелфорда:

**відсутність або неможливість процвітання визначається не доліком (у якісному або кількісному значенні) або, навпаки, надлишком будь-якого з ряду чинників, рівень яких може виявитися близьким до меж, що переносяться даним організмом. Ці дві межі називають межами толерантності.**

Щодо дії одного чинника можна проілюструвати цей закон так: якийсь організм здатний існувати при температурі від мінус 5°С до плюс 25°С, зона його толерантності лежить в межах цих температур.

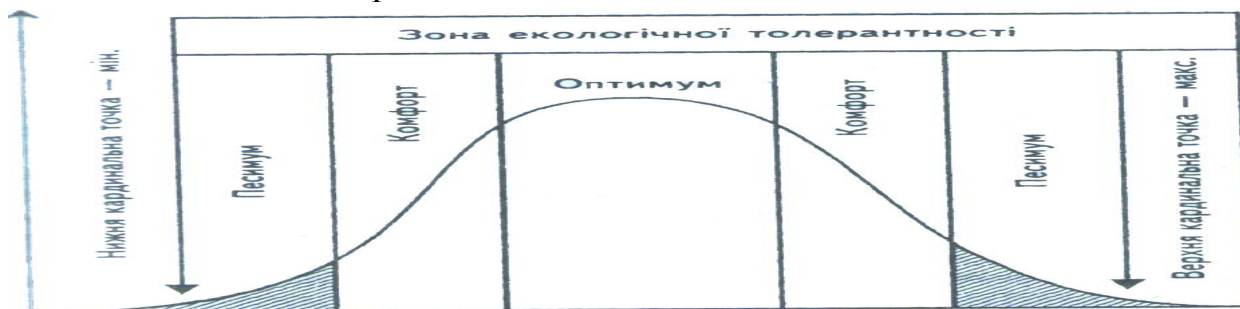
Правило екологічної індивідуальності сформулював у 1924 році російський вчений Л.Г. Раменський. Суть його полягає в тому, **що екологічні спектри окремих видів не збігаються навіть у особин одного виду.** Це пояснюється тим, що особини одного виду мають різну спадковість і різні фізіологічні особливості. Правило справедливе як для рослин, так і для тварин. Наприклад, різні стадії розвитку метелика Огневіка мають різне значення граничної температури їх розвитку. Для гусениці це +1° С, для імаго +22° С, для яйця - +27° С.

**Взаємодія факторів.** Усі фактори впливають на організм одночасно. Тому зона оптимуму на графіку може зміститись залежно від сили впливу іншого фактора. Наприклад, спеку легше переносити в сухому, а не вологому кліматі. Або загроза замерзнути більша за умови морозу з сильним вітром.

Взаємна компенсація факторів також має певні межі. Наприклад, у полярних пустелях дефіцит тепла не може замінити вологість або сильне освітлення.

## 6. Як впливають на організм чинники і в чому суть закону М. Ламотта?

Температура – найважливіший з обмежуючих (лімітуючих) чинників. Межами толерантності для будь-якого виду є максимальна і мінімальна летальні температури, за межами яких вид смертельно вражають жара або холод. Всі живі істоти здатні жити при температурі між 0 і 50°C, що обумовлене властивостями протоплазми клітин.



Напруженість екологічного фактора

Мал. . Загальний закон біологічної стійкості (по М. Ламотту)

Тут показані температурні межі життя популяції. У «оптимальному інтервалі» організми відчувають себе комфортно, і чисельність популяції росте. До крайніх ділянок цього інтервалу — «зниженої життєдіяльності» — організми відчувають себе пригноблено. При подальшому похолоданні в межах «нижньої межі стійкості» або збільшенні жари в межах «верхньої межі стійкості» організми потрапляють в «зону смерті» і гинуть.

Цим прикладом ілюструється загальний закон біологічної стійкості (по М. Ламотту), застосовний до будь-якого з важливих лімітуючих чинників:

величина «оптимального інтервалу» характеризує величину «стійкості» організму, тобто величину його толерантності до цього чинника, або «екологічну валентність».

Переважна більшість тварин є пойкилотермними, тобто температура їх власного тіла міняється із зміною температури навколишнього середовища: земноводні, плазуни, комахи і ін. Значно менша частина тварин — гомойотермні, тобто мають постійну температуру тіла, незалежну від температури зовнішнього середовища: ссавці (у тому числі і людина), що мають температуру 36—37°C, і птахи, з температурою тіла 40°C.

Не менше значення температура відіграє в житті рослин. При підвищенні температури на 10°C інтенсивність фотосинтезу збільшується в два рази, але лише до плюс 30-35°C, потім його інтенсивність падає і при плюс 40-4°C фотосинтез припиняється. При 50°C більшість наземних рослин гине.

Відомі морфологічні пристосування рослин і тварин до низьких температур, так звані життєві форми рослин (по Раункеру) і життєві форми

тварин (правило Бергмана). Рослини пристосовуються так, щоб зберегти від низької температури свої бруньки (під снігом, в ґрунті і т.п.), а тварини, навіть одного виду, що живуть в північних широтах, збільшують масу свого тіла, запасуючи на зиму поживні речовини.

Але в житті тварин найбільше значення мають фізіологічні адаптації, основна з яких — **акліматизація** — фізіологічне пристосування до перенесення жари або холоду. Існують радикальніші форми захисту від холоду — міграція в теплі краї (перельоти птахів); зимівля — впадання в сплячку на зимовий період (бабак, білка, бурий ведмідь і ін.). Більшість же тварин взимку знаходиться в неактивному стані, а комахи — взагалі в нерухомому, зупинившись в своєму розвитку. Це явище називають **діапаузою**.

В основу екологічної характеристики організмів покладено їх реакцію на вплив факторів середовища. Організм здатний вижити лише в діапазоні мінливості даного фактора, який ще називають амплітудою. Як дуже високі (максимальні), так і дуже низькі (мінімальні) значення факторів середовища можуть бути згубними для організму.

Порогове значення даного фактора, вираженого в цифрах, вище або нижче якого організм не може існувати, називають критичною точкою. Між цими критичними значеннями і розташована зона екологічної толерантності.

У межах зони екологічної толерантності напруженість факторів середовища є різною. Поряд з критичними точками розташовані зони пессимуму, в яких активність організму значно обмежена дією зовнішніх умов. Далі розташовані зони комфорту, в яких спостерігається чітке зростання екологічних реакцій організму. В центрі знаходиться зона оптимуму, яка є найсприятливішою для функціонування організму.

Для того чи іншого виду оптимальними умовами вважаються такі, за яких особини даного виду залишають найбільшу кількість потомства.

### **7. Що таке адаптації організму і чим вони обумовлені?**

**Адаптація** (лат. — пристосування) — пристосування організмів до середовища. Адаптація завжди розвивається під впливом трьох основних чинників

— мінливості, спадковості і природного відбору (рівно як і штучного, здійснюваного людиною).

Основні адаптації організмів до чинників зовнішнього середовища спадково обумовлені. Вони формувалися на історико-еволюційному шляху біоти.

Організми адаптовані постійно діючим періодичним чинникам, але серед них важливо розрізняти первинні і вторинні.

**Первинні** — це ті чинники, які існували на Землі ще до виникнення життя: температура, освітленість, приливи, відливи, радіація і ін. Адаптація організмів до цих чинників найстародавніша і найдосконаліша.

**Вторинні** періодичні чинники є слідством зміни первинних: вологість повітря, залежна від температури; рослинна їжа, залежна від циклічності в

розвитку рослин, і ін. Вони виникли пізніше первинних, і адаптація до них не завжди чітко виражена.

У нормальних умовах в місце проживання повинні діяти тільки періодичні чинники, неперіодичні — бути відсутніми.

Неперіодичні чинники звичайно впливають катастрофічно: можуть викликати хвороби або навіть смерть живого організму. Людина, штучно вводячи неперіодичні чинники, хімічною отрутою знищує шкідливі для нього організми.

Джерелом адаптації є генетичні зміни в організмі — **мутації**, що виникають як під впливом природних чинників на історико-еволюційному етапі, так і в результаті штучного впливу на організм.

Прекрасний приклад успішної адаптації — еволюція коня на протязі приблизно 60 млн. років від низькорослого предка до сучасної і красивої швидконової тварини з висотою в загривку до 1,6 м.

Протилежний цьому приклад — порівняно недавнє (десятки тисяч років тому) вимирання мамонтів.

Субарктичний клімат останнього заледеніння привів до зникнення рослинності, якій харчувалися ці тварини (Велічко, 1970).

Поставимо запитання: що може бути оптимумом для еволюції? Організми весь час несуть на собі тиск середовища. Оптимум як би закриває шлях до подальшої еволюції. Песимум (або зона стресу) теж не може рухати еволюцію, оскільки життєздатність особин зменшується.

Висновок: еволюційний оптимум займає проміжне становище між екологічним оптимумом і екологічним песимумом. Він буде зсунутий навіть більше в бік песимуму.

Перш ніж перейдемо до розгляду впливу окремих абіотичних і біотичних факторів на живі системи, зупинимося на одному з провідних термінів у екології «адаптації».

Отже, **Основні типи адаптацій**

1. Морфологічні адаптації – зміна форми тіла, забарвлення, розмірів. (захисне забарвлення, колючки, товста кутикула, волосяний покрив, жировий шар...)
2. Анатомо-фізіологічні адаптації – зміна будови органів та їх фізіологічних особливостей. ( постійна температура тіла, вміст кисню, вміст цукру в крові...)
3. Репродуктивні адаптації – зміни пов’язані з системою розмноження.
4. Біохімічні адаптації – зміна біохімічних процесів в організмі
5. Поведінкові адаптації – різні зміни поведінки.

## **8. Адаптивні біогеографічні закономірності притаманні різним видам живих організмів**

1. Правило Глогера (правило забарвлення). Забарвлення тварин, що мешкають в умовах вологого і жаркого клімату більш інтенсивна, ніж у географічних форм тих же видів, що мешкають в умовах сухого і холодного клімату.

2. Правило Аллена (правило додатків). У теплокровних тварин по напрямку з півночі на південь часто спостерігається збільшення розмірів додатків тіла (подовження хвостів, вушних раковин) і різних виростів (чубків, комірців і т. д.). Відноситься тільки до близьких видів або до підвидів одного виду.

3. Правило Бергмана (правило розмірів тіла). З двох близьких видів або підвидів, крупніші (більші) мешкають в холодному кліматі, а дрібніші — в теплому.

4. Правило Лібіха (правило мінімуму). Лімітуючим для існування виду буде чинник, що виявляється в ступені, що знаходиться нижче за потреби виду.

5. У високих широтах основною запасною речовиною є жир, а в низьких — глікоген.

6. У високих широтах найбільшою стабільно відрізняються популяції видів, розвиток яєць яких ембріонізовано (йде по типу прямого, тобто яйце жирового, а не вуглеводного типу).

7. У високих широтах зменшується кількостей видів, але збільшується кількість особин кожного виду.

8. У близьких, але вже володіючих чіткими видовими ознаками форм, відмінності в закономірності графічної мінливості виявляються украй різко, чим підкреслюється відмінність їх реакцій на зміну умов існування.

**ТЕМА 2**  
**Біорізноманіття та біосистематика. Принципи і методи**  
**класифікації живих організмів.**  
**ПЛАН**

**БІОРИЗНОМАНІТТЯ** — це мінливість живої природи всередині видів, між видами та між екосистемами. Біологічне розмаїття, що відображає кількість, різноманітність і мінливість живої природи, існує скрізь — як у воді, так і на суходолі. Воно складається з усіх форм життя та організмів: від пріонів, віроїдів і вірусів, бактерій та архей аж до вищих рослин, справжніх тварин й людини. Всі типи біорізноманіття — генетичне, видове й екосистемне — пов'язані між собою. Так, генетичне різноманіття забезпечує видове, різноманітність екосистем створює умови для видоутворення. Які ж чинники впливають на біорізноманіття?

Причиною еволюції біорізноманіття є протиріччя між умовами середовища, що постійно змінюються, і спадковістю живої природи. Тому на формування біорізноманіття впливають зовнішні (наприклад, геологічні, кліматичні) та внутрішні (наприклад, рекомбінація генів, горизонтальне перенесення генів) чинники.

В еволюції живого на Землі постійно збільшувалося біорізноманіття біосистем різних рівнів організації під дією еволюційних чинників. Це рушійні чинники еволюції (природний добір) та елементарні чинники еволюції (популяційні хвилі, ізоляція, дрейф генів).

Багато науковців стверджують, що еволюція біорізноманіття тісно пов'язана з еволюцією екосистем, через те окрім відомих еволюційних чинників на еволюцію біорізноманіття суттєво впливають екологічні (абіотичні, біотичні та антропічні) чинники.

Особливим є вплив антропічного чинника. Згідно з доповіддю Всесвітнього фонду дикої природи (англ. World Wildlife Fund, WWF) з впливом діяльності людини пов'язане скорочення біорізноманіття Землі на 28 %.

Отже, еволюція біорізноманіття є історичним процесом, що відбувається під дією різних чинників.

Які основні методи, напрями та розділи сучасної біосистематики?

БІОСИСТЕМАТИКА (від грец. систематікос — упорядкований) — наука, що описує, називає й класифікує існуючі та вимерлі організми. Основне завдання цієї науки — створення системи органічного світу для орієнтації у величезній різноманітності організмів. Найпоширенішим методом біосистематики є порівняльно-морфологічний. Із арсеналу сучасних методів виокремимо хемосистематику (вивчення складу речовин й особливостей обміну речовин), каріосистематику (дослідження хромосомного набору різних видів), геносистематику (вивчення нуклеотидного складу ДНК і РНК у різних організмів). Останнім часом набула значного поширення молекулярна систематика, побудована на аналізі генетичного матеріалу. Основними напрями сучасної систематики є цифровий (фенетика), еволюційний

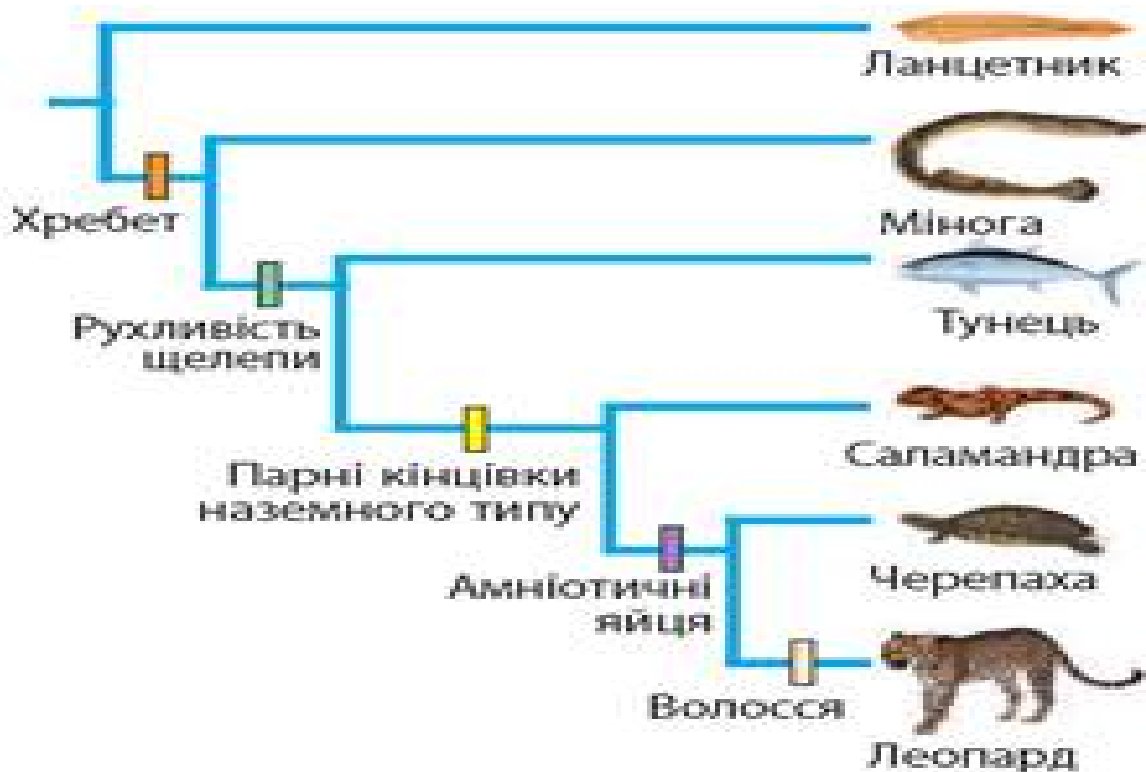


(філістика) та філогенетичний (кладистика). Фенетична систематика ґрунтується на загальній подібності організмів і може не відображати філогенетичні зв'язки. Родовідне дерево у цьому випадку називається дендрограмою. Еволюційна систематика ґрунтується на знаннях еволюційних відносин між спорідненими групами й подібності багатьох ознак організмів.



**Іл. 6. Віллі Хенніг**

Філогенетична систематика — напрям біосистематики, що визначає еволюційні взаємини серед різних видів на Землі, як сучасних, так і вимерлих. Інша назва цього напрямку — кладистика (від грец. кладос — гілка) через те, що організми класифікують у порядку їхнього відгалуження від еволюційного дерева, незважаючи на морфологічну подібність. Засновником та автором кладистики є німецький ентомолог В. Хенніг (1913—1976) (іл. 6). У сучасній біосистематиці філогенетика слугує основним підходом до біокласифікації, і всі сучасні системи певною мірою містять інформацію, отриману за допомогою цього підходу. Результатом кладистичного аналізу походження таксона є діаграми, що їх називають кладограмами (іл. 7).



**Кладограма окремих таксонів хордових з виділеними характерними визначальними ознаками (апоморфіями)**

Відповідно до завдань, що стоять перед систематикою, у її складі виокремлюють розділи — таксономію та номенклатуру. Таксономія вивчає принципи, методи й правила класифікації. Іншими словами, це теорія класифікації. Головна мета біологічної таксономії — створення природної системи органічного світу та з'ясування філогенетичної спорідненості. Біологічна номенклатура вивчає систему наукових назв та правил найменування груп живих організмів, об'єднаних за певними спорідненими зв'язками. Для зведення цих правил існують спеціальні номенклатурні кодекси (наприклад, «Міжнародний кодекс ботанічної номенклатури», «Міжнародний кодекс зоологічної номенклатури»).

Отже, сучасна систематика описує й упорядковує існуючі й вимерлі види, класифікує та визначає еволюційні зв'язки для створення системи органічного світу.

### **Які принципи наукової класифікації організмів?**

Класифікація (від лат. classis — розряд, facio — робити) — це розділ систематики, в якому живі організми розподіляють за певною системою ієрархічно організованих категорій-таксонів. Класифікувати організм певного виду — це визначити ступінь його подібності й відмінності від інших організмів та вказати місце в системі органічного світу. Лише застосування різних методів систематики, глибокий аналіз ознак будови, функцій, поведінки та ретельне дослідження філогенетичних зв'язків дають змогу віднести вид до певного царства, типу, класу тощо. Кожній групі притаманні зазвичай визначальні відмінності, що властиві лише їй. Їх називають діагностичними ознаками. Так, волосяний покрив, діафрагма є діагностичними ознаками ссавців, а наявність плодів, квітів й подвійного запліднення — ознаками квіткових.

Розподіл організмів на групи здійснюється за допомогою систематичних категорій, якими є домен, царство, тип, клас, ряд, родина, рід і вид. Домени поєднують декілька царств, царства — поєднують типи і т. д. У систематиці цей принцип називають принципом ієрархії. У систематиці рослин й бактерій замість типу й ряду використовують відділ і порядок. За необхідності можуть бути використані проміжні категорії з префіксами над- чи під-, що додаються до основних (наприклад, підцарство, надцарство, підтип, надтип).

Таксономічне положення виду тварин	
Домен	Еукаріоти
Царство	Справжні тварини
Тип	Хордові
Клас	Ссавці
Ряд	Псоподібні
Родина	Псові
Рід	Пес
Вид	Пес свійський

Таксономічне положення виду рослин	
Домен	Еукаріоти
Царство	Зелені рослини
Відділ	Стрептофіти
Клас	Квіткові
Порядок	Розоцвіті
Родина	Розові
Рід	Яблуня
Вид	Яблуня домашня

Основною і найменшою одиницею класифікації є вид. Назва виду згідно з принципом бінарної номенклатури складається з двох слів: перше слово вказує на родову належність, а друге — на видову. Наприклад: пес свійський (*Canis familiaris*) або яблуня домашня (*Malus domestica*). Для порозуміння між науковцями різних країн щодо назв організмів в XVII ст. почали застосовувати міжнародну біологічну номенклатуру на основі латинської мови.

Отже, основними принципами наукової систематики є принципи ієрархічності та бінарної номенклатури.

### **Принципи біологічної класифікації організмів**

- 1. Основною і найменшою одиницею класифікації є *вид*.
- 2. Найбільшою одиницею класифікації є *царство*.
- 3. Кожен вид слід обов'язково класифікувати, тобто віднести до кожної із зазначених категорій.
- 4. *Класифікувати* біологічний об'єкт означає визначити ступінь його подібності й відмінності від інших, порівнявши з ними.
- 5. Чим повніше враховуються різні особливості організмів, тим більшою мірою подібність, яка виявляється, буде відображати спорідненість організмів.
- 6. На основі окремих ознак подібності ґрунтується побудова *штучних систем*. *Штучні (формальні) системи* – це системи організмів, у яких класифікація видів ґрунтується лише на ступені їх подібності і не враховується історична спорідненість різних таксонів. Штучні системи створюють через нестачу даних про історичний розвиток, будову, екологічні особливості певних груп організмів. Наприклад, тривалий час виділяли Тип Черви, до якого відносили плоских, круглих і кільчастих червів та деяких червоподібних тварин.
- 7. *Природні системи* враховують ступінь історичної спорідненості різних таксонів. *Природні (філогенетичні) системи* – це системи організмів, у яких класифікація видів базується на їх ступені подібності та відображає філогенетичну спорідненість між систематичними групами організмів.
- 8. Для класифікації живих організмів використовується *подвійна (бінарна) номенклатура*, яку запровадив ще К. Лінней. *Бінарна номенклатура* – подвійна назва видів, перше слово якої

вказує на родову належність, а друге – на видову. Наприклад: собака свійський (*Canis familiaris*). Використання латинської мови полегшує взаєморозуміння між вченими різних країн, запобігає непорозумінням, які можуть виникнути, якщо в наукових роботах кожної країни тварини і рослини називатимуться лише на мові свого народу. Для зведення правил біологічної номенклатури існують спеціальні номенклатурні кодекси. Основними на даний момент є Міжнародний кодекс ботанічної номенклатури (ICBN), причому номенклатура грибів історично відноситься саме до нього, Міжнародний кодекс зоологічної номенклатури (ICZN) та Міжнародний кодекс номенклатури бактерій (ICNB). Також існують Міжнародний кодекс класифікації та номенклатури вірусів (ICVCN) та Міжнародний кодекс номенклатури культурних рослин (ICNCP).

**Таксономічна категорія** – поняття, що застосовується в систематиці для позначення підпорядкування різних груп живих організмів, що відрізняються одна від одної ступенем спорідненості. Таксономічні (систематичні) категорії різного рівня, або рангу (вид, рід, родина та ін.), присвоюють реальним відокремленим групам організмів – таксонам. **Таксон** – група організмів, об'єднаних на основі методів класифікації, пов'язаних між собою тим чи іншим ступенем спорідненості, та достатньо відокремлена від інших груп, щоб їй можна було призначити визначену таксономічну категорію того чи іншого рангу. На відміну від таксономічної категорії таксон завжди позначає конкретні біологічні об'єкти. Наприклад, поняття "папороті" чи "хребетні" позначають групи організмів, що служать об'єктами класифікації, і тому є таксонами. Таким чином, поняття "вид", "рід" тощо не є таксонами, але конкретний вид *собака свійський* (*Canis familiaris*) є таксоном.

Для класифікації використовують основні таксономічні категорії: Царство → Тип (у зоології), Відділ (у ботаніці) Клас → Ряд (у зоології), Порядок (у ботаніці) → Родина → Рід → Вид. У необхідних випадках використовуються допоміжні таксономічні категорії (надцарство, підцарство, надтип, підтип та ін.).

## Неклітинні форми життя. Царство віруси. Вірусита їх різноманіття.

### ПЛАН

### Тема3: НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ.

### ПЛАН:

1. Неклітинні форми життя
2. Будовавірусів.
3. Походженнявірусів
4. Розмноженнявірусів.
5. Будовапріонів.
6. Вірусні захворювання людини.

**Неклітинні форми життя** — живі організми, що не мають клітинної будови. Найчастіше до цієї групи відносять **віруси**, проте деякі вчені вважають живими і простіші структури, такі як віроїди, віруссоїди, плазмідиди, транспозони та пріони.

#### **Будова вірусів.**

**Віруси** – паразитичні неклітинні системи, здатні розмножуватися в живих клітинах. Вивчення вірусів було розпочато в 1892 році Д. Й. Івановським, який з'ясував, що збудник мозаїки тютюну не росте на поживних середовищах і проходить крізь бактеріальні фільтри. Характерними особливостями вірусів є наявність у них лише одного типу нуклеїнові кислоти ( залежно від типу віруса це може бути ДНК або РНК) і відсутність у них власних систем білків та перетворення енергії. Через це віруси не можуть розмножуватися самостійно і є облігатними внутрішньоклітинними паразитами. Наразі описано вже більше двох тисяч видів вірусів, які уражають усіх царств живоїприроди.

Поза клітиною – хазяїном віруси існують у формі віріонів. Їх розмір дуже малий – від 20 до 400 нанометрів. **Віріон** – це нуклеїнова кислота, упакована в спеціальну білкову оболонку – капсид. Якщо віріони вірусу мають тільки білкову оболонку, то такий вірус відносять до простих вірусів. На відміну від них група складних вірусів має ще одну оболонку – суперкапсид, яка формується із фрагмента мембрани клітини-хазяїна. У цю мембрану вбудовуються білки та глікопротеїди самого вірусу. Кількість білків, з яких складається капсид, невелика. Їх характерною властивістю є здатність до само збирання. Морфологічні форми капсидів також не дуже різноманітні. У більшості випадків вони мають форму палички, нитки, кульки або правильного багатогранника

Проте, трапляються віруси, які мають і більш складну форму.

Невеликий розмір і простота будови вірусів пов'язана з невеликою кількістю генів у їхньому геномі. Деякі віруси кодують лише один білок (вірусикателіти, які можуть розмножуватися лише з допомогою інших вірусів), багато вірусів кодує 5 – 10 білків, а деякі, найбільші, віруси можуть кодувати до 200 білків. Рекордним є геном мімівіруса (паразит амеб), який містить понад 900 гунів. Це навіть більше, ніж кількість генів у генобі деяких

найменших клітинних організмів. Проте, як і всі інші віруси, мімівірус не має генів, які кодують рибосомальні білки. Він нездатний самостійно рости й розмножуватися поза клітиною-хазяїном та підтримувати гомеостаз. Його компоненти синтезуються окремо системами клітини-хазяїна й само збираються в цілий вірус, що теж є характерною для вірусів ознакою

### ***Життєвий цикл вірусів***

Життя вірусу можна поділити на дві головні фази. На одній з них він існує у вигляді вібріона поза клітинами живих організмів, а на другій – усередині живих клітин. У формі вібріона віруси не здатні до росту й розмноження та підтримання гомеостазу. Але в цьому стані вони здатні утворювати кристали, що не є характерним для живих організмів. Головне завдання вібріона – знайти потрібну клітину і проникнути до неї. Здійснюватися не може як шляхом простого механічного переносу (наприклад, крапельний шлях передачі вірусу грипу), так із допомогою посередників (наприклад, перенесення вірусів рослин з допомогою попелиць).

Після виявлення потрібної клітини (вірус упізнає її за специфічними рецепторами, які розташовані на мембрані) вірус проникає в її цитоплазму. Це може досягатися кількома шляхами. Віруси тварин можуть маскуватися під якусь важливу макромолекулу, і клітина саме їх поглинає шляхом ендоцитозу. Віруси рослин проникають у клітину, використовуючи механічні пошкодження клітинної стінки, а потім поширюються по цитоплазматичних містках між клітинами. Деякі бактеріофаги з допомогою спеціальних структур капсида просто прокидають клітинну стінку й мембрану клітини і вприскують усередину свою нуклеїнову кислоту.

Після потрапляння в цитоплазму вірус блокує роботу ДНК клітини-хазяїна й починає керувати роботою систем клітини. Він використовує її ресурси для синтезу власних білків та нуклеїнових кислот. Із синтезованих білків і нуклеїнових кислот шляхом само збирання утворюються нові вібріони. Коли ресурси клітини закінчуються, вона гине, а вібріони виходять у навколишнє середовище.

Існує ще один варіант розвитку подій після потрапляння вірусу в клітину. У цьому випадку ДНК вірусу (або ДНК, синтезована з вірусної РНК з допомогою спеціального фермента зворотної транскриптази) вбудовується в ДНК клітини-хазяїна. У такому стані вона може залишатися неадекватною дуже довго. Цікаво, що під час свого розмноження клітина буде відтворювати і ДНК вірусу, передаючи його двом своїм дочірнім клітинам. Такий стан клітини називається носійством. Якщо організм хазяїна через якісь причини слабшати і зменшує активність своєї системи захисту, прихована вірусна ДНК може розпочати активну діяльність і викликати гостру фазу вірусної інфекції

### ***Походження вірусів***

Існує кілька версій походження вірусів. Згідно з однією з гіпотез, віруси утворилися шляхом спрощення бактерій, які перейшли до внутрішньоклітинного паразитизму. На користь цієї теорії свідчать особливості будови мімі вірусів та інших найбільших ДНК-вмісних вірусів.

Згідно з іншою точкою зору, віруси утворилися з мобільних генетичних елементів клітини-хазяїна, які набули, набили здатності переміщатися не лише в межах одного геному, а й поза батьківською клітиною. На користь цієї теорії свідчать особливості будови вірусів-сателітів і віроїдів. Віроїди є паразитами рослин. Фактично це молекули РНК, які не мають клітинної оболонки, але ведуть здатні викликати певні симптоми захворювання й інфікувати незаражені рослини. Цілком можливо, що різні віруси мають різне походження і правильними є обидві гіпотези.

Як і всі живі об'єкти, віруси здатні до:

- розмноження;
- спадковості ознак;
- генетичної мінливості;
- адаптації до умов навколишнього середовища.

Зрілі вірусні частинки (вібріони)

складаються з нуклеїнової кислоти. Що містяться в білковій або ліпопротеїновій (білок у комплексі з ліпідами) оболонці.

Один вірус має тільки один вид нуклеїнової кислоти ДНК – або РНК.

Натомість обидві групи поділяють на одноланцюгові та дволанцюгові.

Білки є переважаючою в кількісному відношенні частиною вірусної частинки.

Низькомолекулярні білки зв'язуються з нуклеїновою кислотою, утворюючи чохлик – капсид. Багато вірусів мають ще одну оболонку, розташовану зовні капсиду, що складається з високомолекулярних білків, які слугують для розпізнавання клітин. Білки вірусу виконують три основні функції:

- стабілізують і захищають нуклеїнову кислоту;
- є ферментами, що беруть участь у відтворенні вірусної частинки;
- розпізнають клітину, в якій вірус паразитує.

### **1. Розмноження вірусів**

Механізм проникнення в клітину.

Розмноження вірусів передбачає кілька етапів:

- розпізнавання і прикріплення до клітини;
- проникнення;
- збирання вірусних частинок;
- вихід із клітини.

У процесі еволюції кожен вид вірусу пристосувався до паразитування в клітинах певних типів. Отже, він здатний розпізнавати білки, що перебувають на плазмалемі. Для впізнання слугують особливі білки на поверхні вірусу.

Розпізнавши клітину, віріон прикріплюється до поверхні клітини і проникає в цитоплазму. Цей процес може відбуватися різними способами:

всередину проникає тільки нуклеїнова кислота, а білки залишаються зовні (більшість бактеріофагів-вірусів, що паразитують виключно в клітинах бактерій);

- шляхом злиття оболонки вірусу з плазмалею клітини.

У дволанцюгових ДНК - вмісних вірусів (віруси віспи, герпесу) нуклеїнова кислота проникає в ядро і починає копіюватися за рахунок ферментів клітини. Із цих копій ДНК синтезуються м РНК, що залишає ядро і знаходить клітинні рибосоми. На рибосомах відбувається синтез необхідних вірусу білків. Отже, клітина, до якої проник вірус, перетворюється на «фабрику» з виробництва вірусних частинок, тоді як її власні процеси обміну речовин частково пригнічуються.

У більшості одно ланцюгових ДНК - вмісних вірусів ланцюжок ДНК потрапляє в ядро і має спершу подвоїтися. Після цього він нічим не відрізняється від ДНК клітини і починає копіюватися за допомогою її ферментів.

Дволанцюгові РНК - вмісні віруси (бактеріофаги) після проникнення в клітину використовують власні і ферменти для розкручування в клітину використовують власні ферменти для розкручування подвійної спіралі РНК на поодинокі, які слугують як м РНК – зв'язуються з рибосомами клітини. Починається процес синтезу вірусних білків, для якого використовуються амінокислоти клітини-хазяїна. Після завершення трансляції окремі ланцюжки РНК спаралізуються з утворенням вірусного геному.

**2. У багатьох одноланцюгових РНК - вмісних вірусів (віруси сказу, везикулярного стоматиту, кору, грипу) з матриці вірусної РНК відразу починають синтезуватися вірусні білки.**

### **3. Будова пріонів**

#### **«Відкриття пріонів»**

У 1982 р. біолог Стенлі Прузінер відкрив новий тип інфекційних агентів - пріони. Це одне з визначних наукових досягнень ХХ ст. у галузі біології та медицини.

Пріони (від англ. *proteinaceous infectious, PrP* – інфекційні білкової частинки) є особливим класом інфекційних агентів, що викликають невиліковні захворювання ЦНС людини і тварин – губоподібні енцефалопатії.

Нині не виявлено жодної нуклеїнової кислоти, яка б входила до складу пріону. Пізніше було виявлено, що для мишей, інфікованих хворобою скрепі, характерною особливістю головного спинного мозку є наявність білкових тяжів, які являли собою агрегати одного з білків нервової системи. Крім того, спинний та головний мозок хворих людей і тварин схожий на губку, звідки і пішов термін, яким позначають цю групу захворювань, - губчасті хвороби мозку.

Учений В. Хедлоу звернув увагу на схожість симптомів Куру і скрепі овець. Особливо привертав увагу довгий інкубаційний період (роки), характерний для обох захворювань. Вважалося, що збудником скрепі є так званий «повільний вірус», який так ніколи й не було виділено. При спробі інфікувати хворобою Куру шимпанзе перші симптоми захворювання з'явилася у мавпи лише через два роки.

Відкриття пріонів С. Прузінером ознаменувало початок нової ери розвитку біології та медицини. Виявилось, що пріони є не лише інфекційними, а й загально біологічним явищем. Згідно з сучасними



уявленнями, пріони є носіями біологічної інформації нового типу, зашифрованої в конформації білкової молекули. Загально прийнятої території, яка б пояснювала походження пріонів, не існує.

### **Будова та властивості пріонів**

Пріони – це білкові частки із інфекційними властивостями, які є низькомолекулярними білками фібрилярної структури діаметром 10 – 20 нм та завдовжки 100 – 200 нм. За структурою вони нагадують амілоїд (аномальний білок, що часто утворюється під час хронічних захворювань, наприклад, туберкульозу легенів, кісток). Для них є характерними багато властивостей вірусів, але пріони відрізняються відсутністю у своєму складі нуклеїнової кислоти.

### **Властивості пріонів:**

відсутність генетичного апарату, тобто вони не мають ані серцевини, ані оболонки;

1) на відміну від більшості інших збудників інфекційних захворювань, зокрема вірусів, пріони дуже стійкі до різноманітних

2) фізико-хімічних факторів, до традиційних методів стерилізації, не чутливі до інтерферону і не розпізнаються імунною системою організму як чужорідні білки;

3) виникають не лише в результаті зараження;

4) незалежно від походження захворювання, воно може передаватися інфекційним шляхом;

5) можливе зараження людини пріонними хворобами тварин.

Отже, генетична інформація про структуру пріону є частиною геному їх хазяїна.

### **Пріонні захворювання**

Пріонними захворюваннями є нейрогенеративні захворювання людини та деякі хвороби тварин:

Куру;

хвороба Крейтцфельдта-Якоба;

скрепі овець і кіз;

аналогічні хвороби оленів, мишей, щурів, хом'яків, кішок;

губчаста хвороба мозку великої рогатої худоби (коров'ячий сказ), або

губчаста енцефалопатія корів

#### **• Куру («смерть, що сміється»)**

Мовою племенів форі куру означає «трясіння». Ця хвороба вражає жителів кількох суміжних долин Нової Гвінеї і спостерігається у 169 селищах із загальним населенням близько 35 тис. осіб. Ця хвороба розповсюджена серед осіб усіх вікових груп. З припиненням практики ритуального канібалізму як складової частини похоронного обряду, рівень захворюваності знизився.

Інкубаційний період хвороби може тривати до 30 років. Характерною особливістю є підвищена збудливість, безпричинний сміх, тривала посмішка та напади шаленої радості. У продовж хвороби спостерігається тремтіння тіла (ходи, рук, очей), після чого настає смерть.

### ***Хвороба Крейтцфельда-Якоба***

Це рідкісне захворювання, що спорадично трапляється по всьому світу. Водночас, приблизно у 10% випадків вона має сімейний характер спадкування. Типова картина цієї хвороби включає швидко прогресуючу деменцію, (слабоумство), прогресивні порушення моторних функцій, а також характерні зміни в електроенцефалограмі головного мозку.

### ***Скрепі***

Хвороба овець (рідше кіз), поширена в Європі, Азії та Америці. В Австралії, Новій Зеландії і Південній Африці її вдалося ліквідувати шляхом ізоляції заражених отар. У Європі вона відома вже понад два століття.

Для хворих тварин характерні атаксія (порушення координації рухів), трясіння, слабкість, часто сильний свербіж, який примушує тварин постійно чухатись об будь-які предмети (звідси назва – «скрепі»).

### ***Енцелопатія норок***

Дуже схожа за клінічною картиною і патологічними проявами на скрепі. Вперше було виявлено на ранчо в штаті Вісконсин, де норки готували тушами овець, які загинули від скрепі. Може передаватися між норками під час бійок і у випадках канібалізму.

### ***Енцефалопатія оленів***

Дуже схожа за клінічною картиною і патологічними проявами на скрепі овець і кіз. Уперше було виявлено в 1978 р. у стадах Форт-Коллінса штату Колорадо.

### ***Коров'ячий сказ***

Губчаста енцефалопатія великої рогатої худоби, що розповсюдилася останніми роками спочатку у Великій Британії, а потім і в інших країнах Європи. Ця хвороба викликала велике занепокоєння через можливість зараження людей. Так, у Великій Британії було описано 21 випадок нетипової хвороби Крейтцфельда-Якоба, спричиненої зараженням людей пріонами великої рогатої худоби.

Людина може заразитися пріонами, міститься в їжі, оскільки вони не руйнуються ферментами травної системи. Безперешкодно проникаючи через стінку тонкого кишечника через стінку тонкого кишечника, вони потрапляють у центральну нервову систему. Так заражаються люди після вживання яловичини, що містить нервову тканину з голів худоби, хворих на губчасту енцефалопатія корів.

Були описані випадки зараження людини після внутрішньо м'язового введення препаратів, виготовлених із гіпофізу людини (гормон росту для лікування карликовості), а також зараження мозку інструментами під час нейрохірургічних операцій, оскільки пріони стійкі до застосовуваних нині термічних і хімічних методів стерилізації.

У Великій Британії у липні 1988 р. було заборонено годування жуйних тварин білковими кормами з нутроців тварин того самого виду. У вересні 1991 р. остаточно заборонено білкові корми, вжито низку жорстких заходів і у тваринництві і у виготовленні медичних препаратів. Саме тому вдалося

запобігти поширенню інфекції у зв'язку з використанням бичачого та людського гормонів росту.

На губчасту енцефалопатію хворіє доросла рогата худоба, а також домашні коти (72 випадки в Англії), пуми, антилопи, гепарди. Причиною виникнення хвороби є використання для годівлі кісткового борошна, виготовленого кісткового борошна, виготовленого із загиблих від скрепі овець.

Дослідники вважають, що активація пріонний генів відбувається під впливом ізомеру пріону, що потрапив в організм із їжею, через кров, під час трансплантації тканин. Найчастіше це відбувається під час вживання в їжу сирого або недостатньо провареного м'яса, печінки, серця, нирок тощо.

Пріонні захворювання людини і тварин у деяких країнах діагностують специфічними імунологічними тестами, проте надійних методів лікування досі не існує, їх пошук триває.

За даними Міжнародного епізоотичного бюро, захворювання на губчасту енцефалопатію були виявлені в Ірландії, Німеччині, Канаді. УСША

### Деякі віруси захворювання людини

<b>Хвороба</b>	<b>Які органи вважає</b>	<b>Шляхи захворювання</b>	<b>Профілактика захворювання</b>	<b>Наявність вакцини</b>
Грип	Дихальні шляхи: епітелій, що вистилає трахею і бронхи	Краплинна інфекція	Ізоляція хворих, вакцинація їх, штабами вбитого вірусу	Є
Віспа	Дихальні шляхи шкіра	Краплинна інфекція	Ізоляція хворих, вакцинація їх, я	Є
Вітряна віспа	Дихальні шляхи, шкіра	Краплинна інфекція , контактно	Ізоляція хворих	Немає
Паротит	Дихальні шляхи, слинні залози, сім'яники	Контактно, через слину	Ізоляція хворих	Немає
Кір	Дихальні шляхи, шкіра, кишечник	Краплинна інфекція	Ізоляція хворих, вакцинація їх, я	Є
Корова краснуха	Дихальні шляхи, шийні лімфатичні вузли, очі і шкіра	Краплинна інфекція	Ізоляція хворих	Немає
Поліомієліт	Глотка, кишечник, нервова система	Краплинна інфекція, іноді через випорожнення	Ізоляція хворих, вакцинація їх, я	Є
СНІД	Імунна система	Через кров, статевим шляхом	Відмова від вживання наркотиків, стерилізація медичних інструментів, імунологічний контроль донорської крові	Немає

## ТЕМА 4

### ПРОКАРІОТИЧНІ ОРГАНІЗМИ. ЦАРСТВО БАКТЕРІЇ. АРХЕЇ. БАКТЕРІЇ.

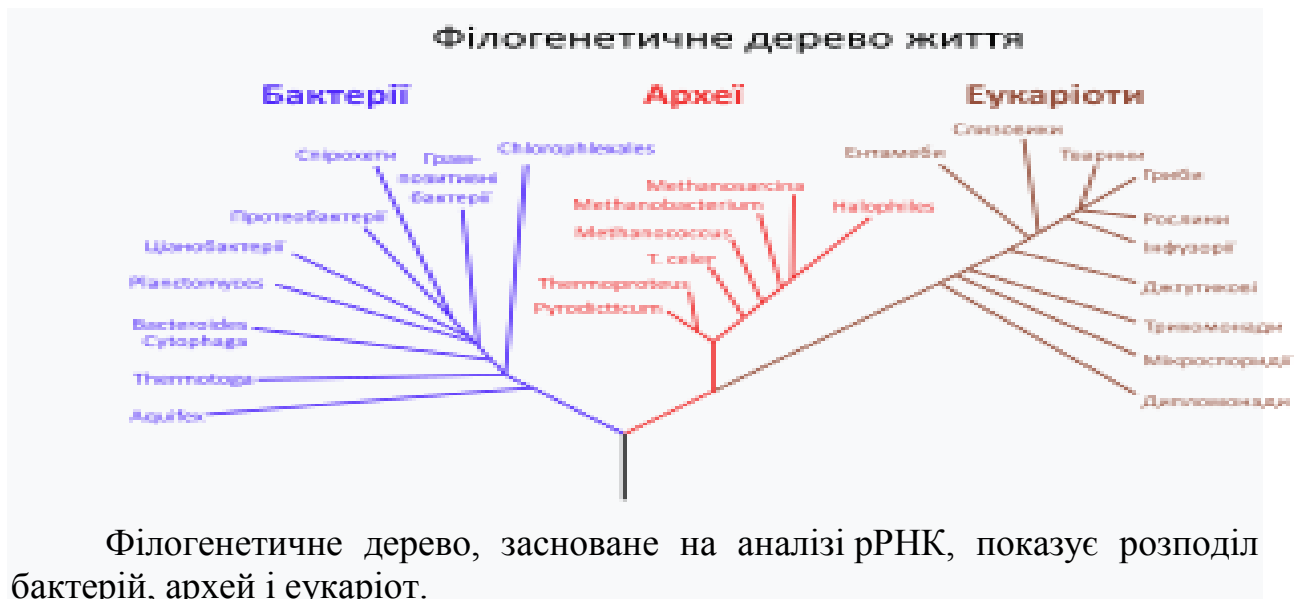
**Прокаріоти** – це найменші клітинні організми. За розміром прокаріотичні клітини, зазвичай, у 10 разів менші, ніж клітини еукаріотів. Середні розміри цих істот становлять від 0,1 до 10 мкм. Проте серед мікроорганізмів є свої бактерії "гіганти", наприклад, спірохети можуть мати довжину 500 мкм та бути видимими неозброєним оком. Найменшими вільноживучими бактеріями є мікоплазми (лише 0,12-0,15 мкм), які приблизно рівні за розміром до найбільших вірусів. Дрібний розмір важливий для прокаріотів, тому що пришвидшує транспортування поживних речовин і виділення продуктів обміну через поверхню клітини.

**Форма.** Прокаріоти відзначаються простотою форми і всю їх різноманітність за цією ознакою можна звести до декількох груп: кулясті, паличкоподібні, звивисті і нитчасті. Кулясті прокаріоти – коки – бувають сферичні, еліпсоподібні, бобоподібні і ланцетоподібні. За характером поділу, розміщенням і властивостями клітин поділяються на мікрококи (поодинокі клітини), диплококи (пара клітин), стрептококи (ланцюжки клітин), тетракоки (чотири клітини), сарцини (пакунки по 8-16 і більше клітин), стафілококи (скупчення клітин у вигляді виноградного грона). Паличкоподібні прокаріоти прийнято поділяти на бацили (паличкоподібні з ендоспорами в центрі клітини) і клостридії (паличкоподібні з ендоспорами на кінці клітини). До звивистих прокаріотів належать вібріони (у вигляді коми), спірили (у вигляді спіралі у 2-3 оберти) і спірохети (у вигляді спіралі більше ніж у 3 оберти). Нитчастими є прокаріоти у вигляді ниток з багатьох клітин, з'єднаних за допомогою слизу, чохлів, плазмодесмів тощо. Вони можуть плавати у воді або бути прикріпленими до субстрату. Уся ця різноманітність форм бактерій визначається структурою їх клітинної стінки та цитоскелету. Ці форми важливі для функціонування бактерій, оскільки вони можуть впливати на здатність бактерій отримувати поживні речовини, прикріплюватися до поверхонь, рухатися і рятуватися від хижаків. Отже, переважна більшість прокаріотів є мікроскопічними і порівняно з різноманітністю форм, що існує у світі макроорганізмів, морфологічні типи прокаріотичних організмів досить обмежені.

**Археї** (лат. Archaea, від грец. *αρχαία* — «старі», також **архебактерії** — Archaeobacteria) — одна з груп живих організмів, до якої належать мікроскопічні одноклітинні прокаріоти, що дуже відрізняються низкою фізіолого-біохімічних ознак від справжніх бактерій (еубактерій). Хоча досі є невизначеність в точному філогенезі цих груп, археї, еукаріоти і бактерії є фундаментальними групами в так званій системі трьох доменів. Подібно до бактерій, археї — це одноклітинні організми, що не мають ядра і тому

класифікуються як прокаріоти (Prokaryota) — відомі також як Монога в таксономії п'яти царств. Археїв спочатку було виявлено в екстремальних середовищах, але потім їх було знайдено в усіх типах екосистем. Археобактерії суттєво відрізняються від інших мікроорганізмів за складом і послідовністю нуклеотидів у рибосомних і транспортних РНК

## Археї, бактерії та еукаріоти



Філогенетичне дерево, засноване на аналізі рРНК, показує розподіл бактерій, архей і еукаріот.

Археї подібні до інших прокаріот у більшості аспектів структури клітини та метаболізму. Проте, їхня генетична транскрипція і трансляція — два центральні процеси в молекулярній біології — не виявляють типових для бактерій особливостей, але надзвичайно подібні до цих процесів в еукаріотах. Наприклад, система трансляції архей використовує еукаріотичні фактори ініціації та елонгації, а їх система транскрипції застосовує ТАТА-зв'язувані білки і TFІІВ, як в еукаріотах. Гени тРНК та рРНК архей містять унікальні археальні інтрони, які не подібні ні до еукаріотних, ні до бактеріальних інтронів.

Деякі інші характеристики також виділяють архей. Подібно до бактерій і еукаріот, архей мають засновані на гліцерині фосфоліпіди. Проте, три особливості ліпідів архей незвичайні:

- Ліпіди архей унікальні, тому що стереохімія гліцерину — обернена до тієї, що знайдена в бактеріях і еукаріотах. Це переконливе свідчення іншого біосинтетичного шляху.

- Більшість бактерій і еукаріот мають мембрани, складені переважно з естер-ліпідів гліцерину, тоді як архей мають мембрани, складені з етер-ліпідів гліцерину. Навіть, коли бактерії мають етер-зв'язані ліпіди, стереохімія гліцерину — бактерійна форма. Ці відмінності, можливо, є адаптацією частини архей до гіпертермофілії. Проте, варто відзначити, що навіть мезофілічні архей мають етер-зв'язані ліпіди.

Ліпіди архей засновані на ізопреноїдному боковому ланцюжку. Це п'ятивуглецева хімічна група, також звичайна для каучуку і є компонентом деяких вітамінів, поширена в бактеріях і еукаріотах. Проте, тільки архей застосовують ці речовини в своїх клітинних ліпідах, часто як бокові ланцюжки C-20 (чотири мономера) або C-40 (вісім мономерів). У деяких архей ізопреноїдний боковий ланцюжок C-40 — фактично достатньо довгий, щоб пройти крізь мембрану, формуючи моношар замість клітинної мембрани з групами фосфату гліцерину на обох кінцях.

Ця адаптація найпоширеніша в надзвичайно теплолюбивих археях. Хоча вони і не унікальні, клітинні стінки архей також незвичні. Наприклад, клітинні стінки більшості архей утворені зовнішніми шарами білків або S-шаром. S-шари розповсюджені в бактеріях, де вони слугують єдиним компонентом клітинної стінки в деяких організмах (наприклад, у *Planctomyces*) або зовнішній шар в багатьох організмах з пептидогліканами. За винятком однієї групи метаногенів, архей не мають пептидогліканової стінки. Однак навіть у цьому випадку, пептидоглікани дуже відрізняються від різновиду, знайденого в бактеріях. Археї також мають джгутики, які значно відрізняються за складом від дуже подібних джгутиків бактерій. Бактерійні джгутики — це змінена система секреції III типу, тоді як джгутики архей нагадують ворсинки IV типу (*type IV pili*), які використовують сес-залежну систему секреції, дещо подібну, але все ж відмінну від системи секреції II типу.

Багато архей — екстремофіли. Деякі живуть при дуже високих температурах, часто вище 100 °C, як ті, котрих знайшли в гейзерах і чорних курцях. Інших знайдено в дуже холодних середовищах або в надзвичайно солоній, кислій, або лужній воді. Проте, деякі архей — мезофіли, живуть у середовищах, подібних до болота, стічних вод і ґрунту. Багато метаногенних архей знайдено в травних трактах тварин, наприклад, жуйних тварин, термітів і людей. Археї не патогенні, і невідомо, щоб які-небудь з них викликали хворобу.

Архей звичайно поділяють на три групи, відповідно до середовища. Це—галофіти, метаногени і термофіли. Галофіли живуть у надзвичайно солоних навколишніх середовищах (наприклад, багато з них живуть у Мертвому морі та на півдні затоки Сан-Франциско, надаючи їй яскравих кольорів: від червоного до зеленого). Метаногени живуть в анаеробних навколишніх середовищах і виробляють метан. Їх можна знайти в осадах або в кишечниках тварин. Термофіли живуть у місцях з високими температурами, як, наприклад, гарячі джерела. Ці групи не обов'язково узгоджуються з молекулярним філогенезом, не повні та не взаємовиключні. Тим не менш, вони — корисний початковий пункт для докладнішого вивчення.

Нещодавно декілька досліджень показали<sup>[джерело?]</sup>, що архей існують не тільки в мезофільних та термофільних навколишніх середовищах, але також іноді присутні у значній кількості при низьких температурах. Стає все більш прийнятним, що метаногени зазвичай присутні в низькотемпературних

середовищах, як, наприклад, холодні опади. Деякі дослідження навіть свідчили, що за цих температур шлях метаногенезу може змінюватися завдяки термодинамічним обмеженням, зумовленим низькими температурами. Можливо, навіть, важливішим є те, що велику кількість архей знайдено у більшості океанів, у холодних середовищах (Giovannoni і Stingl, 2005). Ці археї, які належать до груп, раніше не досліджених, можуть траплятися в надзвичайно високих кількостях (до 40% мікробної біомаси), хоча вони не були ізольовані в чистій культурі. Зараз ми не маємо майже ніякої інформації щодо фізіології цих організмів, що означає, що їх вплив на глобальні біогеохімічні цикли невідомий. Одне недавнє дослідження (Könneke й інші, 2006) показало, проте, що одна група морських Crenarchaeota здатна до фіксації азоту, а це — риса, досі невідома серед архей.

### **Генетика**

Як правило, археї мають одиночну кільцеву хромосому, розмір якої може сягати 5 751 492 пар нуклеотидів у *Methanosarcina acetivorans*<sup>[1]</sup>, що має найбільший відомий геном серед архей. Одну десяту розміру цього геному складає геном з 490 885 парами нуклеотидів у *Nanoarchaeum equitans*, що має найменший геном серед архей; він містить лише 537 генів, які кодують білки<sup>[2]</sup>. Також у архей виявлені більш дрібні незалежні молекули ДНК, так звані плазміди. Ймовірно, плазміди можуть передаватися між клітинами при фізичному контакті, під час процесу схожого на кон'югацію бактерій<sup>[3][4]</sup>.

Археї можуть бути вражені вірусами, що містять дволанцюжкову ДНК. Ці види не споріднені з іншими групами вірусів і мають різноманітні незвичайні форми, так як пляшки, гачки, краплі тощо<sup>[6]</sup>. Ці віруси були ретельно вивчені на термофілах, в основному рядів *Sulfolobales* і *Thermoproteales*<sup>[7]</sup>. У 2009 році був відкритий вірус, що містить одностанцюжкову ДНК і вражає галофільні археї<sup>[8]</sup>. Захисні реакції архей проти вірусів можуть включати механізми близький до РНК-інтерференції еукаріот<sup>[9][10]</sup>.

Археї генетично відмінні від еукаріот і бактерій, причому до 15 % білків, що кодуються одним геном бактерії, є унікальними для цього домену, хоча функції багатьох цих білків невідомі<sup>[11]</sup>. Більша частина унікальних білків, функція яких відома, належить евриархеотам і задіяна в метаногенезі. Білки, спільні для архей, бактерій та еукаріот, беруть участь в основних клітинних функціях і стосуються в основному транскрипції, трансляції і метаболізму нуклеотидів<sup>[12]</sup>. До інших відмінностей архей можна віднести організацію генів, що виконують пов'язані функції (приміром, гени, що відповідають за різні етапи одного й того ж метаболічного процесу), в оперони і великі відмінності у будові тРНК і їх аміноацил-тРНК синтетаз<sup>[12]</sup>.

Транскрипція і трансляція архей більше нагадують ці процеси в клітинах еукаріот, ніж бактерій, причому РНК-полімераза і рибосоми архей дуже близькі до аналогічних структур у еукаріот<sup>[13]</sup>. Хоча у архей є лише один тип РНК-полімерази, за будовою і функцією вона близька до РНК-полімерази II еукаріот, при цьому подібні групи білків (головні фактори



транскрипції) забезпечують зв'язування РНК-полімерази з промотором гена<sup>[14]</sup>. у той же час інші фактори транскрипції архей більш близькі до таких у бактерій<sup>[15]</sup>. Процесинг РНК у архей простіше, ніж у еукаріот, оскільки більшість генів не містить інтронів, хоча в генах їх тРНК і рРНК їх достатньо багато<sup>[16]</sup>, також вони присутні у невеликій кількості генів, що кодують білки<sup>[17][18]</sup>.

### **Розмноження**

Археї розмножуються безстатевим шляхом: бінарним чи множинним поділом, фрагментацією чи брунькуванням. Мейозу не відбувається, тому навіть якщо представники конкретного виду архей існують у більш ніж одній формі, всі вони мають однаковий генетичний матеріал<sup>[19]</sup>. Клітинний поділ визначається клітинним циклом: після того, як хромосома реплікована і дві дочірні хромосоми розійшлися, клітина ділиться<sup>[20]</sup>. Деталі були вивчені лише для роду *Sulfolobus*, але особливості його циклу дуже схожі з особливостями у еукаріот і у бактерій. Реплікація хромосом починається з багатьох точок початку реплікації за допомогою ДНК-полімерази, схожої на аналогічні ферменти еукаріот<sup>[21]</sup>. Однак білки, що керують клітинним поділом, такі як FtsZ, які формують стискаюче кільце навколо клітини, і компоненти септи, що проходить через центр клітини, схожі з їх бактеріальними еквівалентами<sup>[20]</sup>.

Археї не утворюють спор<sup>[22]</sup>. Деякі види *Haloarchaea* можуть зазнавати зміни фенотипу й існувати як клітини декількох різних типів, включно з товстостінними клітинами, стійкими до осмотичного шоку, що дозволяють археям виживати у воді з низькою концентрацією солі. Однак ці структури не слугують для розмноження, а скоріш допомагають археям освоювати нові середовища проживання

### **Еволюція і класифікація**

Назва говорить про те, що ці організми в наш час багатьма дослідниками вважаються найдавнішими живими організмами на Землі.

Археї поділено на дві основні групи, засновані на деревах 16S рРНК: *Euryarchaeota* і *Crenarchaeota*. Дві інші групи було також створено для певних екологічних зразків і особливого виду *Nanoarchaeum equitans*, знайдених у 2002 Карлом Стеттером (Karl Stetter), але їх подібність до інших груп все ще досліджено дуже погано.

Карл Воуз (Carl Woese) переконав, що бактерії, археї і еукаріоти являють собою унікальні спадкові лінії, які досить рано відхилилися від спадкового прогенота (Progenote) з погано розвиненим генетичним апаратом. Ця гіпотеза відображена в імені археї (*Archaea*, від Грецького *archae* або стародавній). Пізніше він формально розглядав ці групи як імперії, кожна з яких охоплює декілька царств. Цей поділ став найпопулярнішим, хоча ідея прогенотів не всіма підтримується. Деякі біологи, проте, переконують, що, археобактерії і еукаріоти походять від спеціалізованих бактерій.

Взаємовідносини між археями та еукаріотами залишаються важливою проблемою. Враховуючи подібність, зазначену вище, багато генетичних дерев розташовують ці дві групи разом. Деякі ставлять еукаріотів ближче

до Eurarchaeota, ніж до Crenarchaeota, хоча мембранна хімія пропонує навпаки. Проте відкриття архея-подібних генів у певних бактеріях, наприклад, Thermotoga, робить їх взаємовідношення важким для визначення. Деякі дослідники вважають, що еукаріоти виникли через змішення археї і бактерії, де вони стали ядром і цитоплазмою, що пояснює різну генетичну схожість, але ця теорія не може пояснити походження клітинних структур.

### **Внутрішня класифікація**

Архебактерії різноманітні за типом обміну речовин, фізіологічними і екологічними особливостями: серед них зустрічаються аероби і анаероби, хемогетеротрофи і хемоавтотрофи, нейтрофіли і ацидофіли. Деяким архебактеріям (галобактеріям) притаманний особливий тип фотосинтезу, коли світло поглинається не хлорофілом, а бактеріородопсином. Іншим археям властивий енергетичний процес, в результаті якого утворюється метан. Описано понад 40 видів археїв (25 родів), що належать до 5 різних груп: метаногени, сіркоокислюючі термоацидофіли, сірковідновлюючі термофіли, галобактерії, термоплазми.

### **Особливості організації та функціонування археїв**

За тридоменною системою органічного світу клітинні форми життя об'єднуються у три домени: Археї, Бактерії та Еукаріоти.

Археї відрізняються від Бактерій особливостями РНК та біохімії. Їх вважають одними з найдавніших організмів на Землі. Населяють переважно середовища з екстремальними умовами. За організацією є примітивними прокаріотами, але при цьому генетично ближче до еукаріотів і є їхніми безпосередніми предками.

Основні ознаки Архей: є винятково одноклітинними організмами; мають прокаріотичну будову клітини (з цитоплазматичних органел — лише нуклеоїд та рибосоми); мембрани можуть бути одношаровими; клітинна стінка складається із псевдомуреїну; мають унікальні метаболічні процеси: метаногенез, бактеріородопсиновий фотосинтез; за екологією: термофіли, галофіти, ацидофіли, алкалофіли, базофіли.

За розмірами клітини Архей — від 0,1 до 15 мкм у діаметрі. Можуть бути різної форми: кулі, палички, тонкі нитки, спіралі, диски або бути часточковими, майже прямокутними, плоскими квадратними.

Класифікація Архей є складною, оскільки більшість із них ніколи не вирощували в лабораторних умовах і були ідентифіковані тільки за аналізом нуклеїнових кислот із проб, що були вилучені з місць їх існування.

Археї мешкають у широкому діапазоні середовищ існування: гейзерах, мастилозбірниках, засолених водоймах, болотах, стічних водах, океані, ґрунті тощо. Є важливою частиною екосистеми (можуть становити до 20 % загальної біомаси). Паразити або патогенні форми серед них невідомі. Деякі мешкають у травному тракті людини та рослиноїдних жуйних тварин, допомагаючи у травленні.

Приклади груп екологічних груп Архей: метаногени — в процесі метаболізму перетворюють водень та вуглекислий газ на метан; галофіли —

добре себе почувають у солоних середовищах; термоацидофіли — добре розвиваються у сильно кислих місцях та за високих температур (до 120 °С).

## **2. Особливості організації та функціонування бактерій**

До цієї групи належать так звані «типові» бактерії, ціанобактерії («синьо-зелені водорості»), актиноміцети, рикетсії, хламідії, міксобактерії та ін. Це найдавніші клітинні організми, що існують на Землі. Можуть вважатися предками інших доменів — Археїв та Еукаріотів.

Основні ознаки Бактерій: одноклітинні, колоніальні й навіть багатоклітинні організми, в тому числі з початковим диференціюванням клітин (до чотирьох функціональних типів у одній багатоклітинній нитці); прокаріотична будова клітини (окрім нуклеоїду та рибосом у різних видів можуть бути фотосинтезуючі, нітрогенфіксуючі структури та деякі інші); геном не містить білків гістонів; мембрани складаються з фосфоліпідів; мембрани завжди двошарові, також часто наявна додаткова, периплазматична мембрана, що розташована ззовні від клітинної стінки; клітинна стінка містить муреїн, може містити додаткові шари; унікальні процеси: більшість типів бродіння, азотфіксація, фотосинтез на основі бактеріофілу, анаеробне дихання на основі відновлення сполук сульфуру, Феруму, Мангану, Хлору, Стибію, Арсену; живуть у всіх екоотопах Землі, переважають за умов нормальної температури, тиску та вмісту кисню.

Середні розміри клітин бактерій — від 0,5 до 5 мкм. За формою клітини можуть бути кулястими (коки), паличкоподібними (бацили, клостридії, псевдомонади), звивистими (вібріони, спірили, спірохети), рідше — зірчастими, тетраедричними, кубічними, С-подібними або о-подібними одноклітинні форми можуть утворювати скупчення — плівки, що скріплені слизом. Багатоклітинні — утворювати нитки, в тому числі з диференційованими клітинами.

Бактеріальна клітина має тільки одну внутрішню порожнину, оточену клітинною мембраною. Мітохондрії, хлоропласти, ендоплазматична сітка, лізосоми, мікротільця та клітинний центр відсутні. Геном представлений нуклеоїдом — довгою молекулою ДНК, замкнутою в кільце.

Бактерії опанували всі середовища життя. Вони поширені у ґрунті, воді, повітрі, поверхні та всередині живих і мертвих організмів. Гетеротрофні бактерії належать до трьох основних груп: сапротрофи, мутуалісти та паразити. Автотрофними є ціанобактерії, що значно поширені у поверхневих водах морів та прісних водойм. Крім того, вони знайдені у слизових подушкоподібних утворах на затінених ґрунтах, скелях, у мулі, на деревині. У деяких живих організмах вони співіснують за принципом симбіозу (морські губки та асцидії, водяна папороть азола, лишайники).

**ТЕМА 5**  
**ЕУКАРІОТИЧНІ ОРГАНІЗМИ. ЦАРСТВО ГРИБИ. ГРИБИ.**  
**ЛИШАЙНИКИ.**  
**БУДОВА ЕУКАРІОТІВ**

*Еукаріоти* - організми, клітини яких мають ядро, принаймні на певних етапах їхнього клітинного циклу. Цитоплазма еукаріотичних клітин поділена мембранами на окремі функціональні ділянки; вона містить різноманітні органели (пластиди, мітохондрії). Процес поділу еукаріотичних клітин досить складний. Він супроводжується, зазвичай, утворенням особливого веретена поділу, що забезпечує розподіл спадкового матеріалу між дочірніми клітинами. До царства Еукаріоти належать царства Рослини, Тварини, Гриби. Серед еукаріотів трапляються як одноклітинні чи колоніальні, так і багатоклітинні форми.

На відміну від прокаріотів, еукаріотичні організми мають складну структуру клітин. Їх поверхневий апарат крім плазматичної мембрани (плазмалеми) містить надмембранний і підмембранний комплекси. Деякі групи еукаріотів мають клітинні стінки. В еукаріотичних організмів також є поверхневі структури, які забезпечують рух клітин (джгутики й війки). Але вони мають складну внутрішню будову й не є результатом розвитку прокаріотичних джгутиків. Крім того, еукаріотичні клітини можуть рухатися завдяки випинанням мембрани клітини (амебоїдний рух).

Внутрішня складова клітини еукаріотів містить три важливі групи органел, відсутні у прокаріотичних організмів: неклітинні органели (цитоскелет), одномембранні органели (лізосома, комплекс Гольджи) та двомембранні органели (мітохондрії, пластиди).

Складна внутрішня структура клітини, наявність цитоскелета, ядра й мембранних органел дозволяють еукаріотичним клітинам досягати набагато більших розмірів. Середній розмір клітин еукаріотів — близько 100 мкм. Крім того, вони набули здатності утворювати стійкі комплекси клітин з розподілом функціональних обов'язків між окремими клітинами. Це призвело до виникнення справжньої багатоклітинності й появи великих за розмірами організмів — тварин, рослин і грибів.

**Ядерний апарат.** Ядра еукаріотичних клітин виконують фактично ті самі функції, що й нуклеоїд. Але робота їх набагато складніша, і її ефективність забезпечується особливостями будови ядер.

Частіше за все в клітинах еукаріотів розташоване одне ядро, проте трапляються і двоядерні (наприклад, у багатьох грибів та інфузорій) і багатоядерні (у ряду грибів і деяких найпростіших) клітини. Форма ядра частіше за все сферична або еліпсоподібна, але трапляються і ядра неправильної форми. Ядерна оболонка складається з двох мембран. У багатьох місцях вона пронизана порами, на краях яких внутрішня мембрана переходить у зовнішню. Залежно від функціонального стану клітини

кількість пор на поверхні ядра може змінюватися. Кожна пора закрита спеціальною структурою — поросою, яка регулює обмін речовин між ядром і цитоплазмою. До внутрішньої мембрани ядра прикріплена білкова ядерна пластинка, яка забезпечує форму ядра і є місцем прикріплення хромосом. Важливою функцією оболонки є недопущення до ДНК всередині ядра речовин, які можуть її пошкодити. До того ж, у ядрі існує система репарації, яка дозволяє за вцілілим ланцюгом ДНК відтворювати пошкоджений ланцюг. Під час поділу клітини її оболонка розбирається на окремі молекули і знову збирається після завершення поділу.

Усередині ядра розташовані каріоплазма, хроматин, ядерця, різні фібрили і гранули. Ядро керує синтезом білків і фізіологічними й морфологічними процесами, які відбуваються у клітині. Воно забезпечує зберігання і відтворення-спадкової інформації.

Каріоплазма є напівпрозорим внутрішнім середовищем клітини, в якому відбуваються всі біохімічні реакції. У ній розташовані комплекси ДНК з білками, впорядковане розташування яких досягається за рахунок ядерного матриксу (ниткоподібних структур білкових фібрил товщиною 2-3 нм, які розподілені по всьому ядру й утворюють його внутрішній каркас). Крім опорної ядерний матрикс виконує ще й регуляторну функцію завдяки ферментам, що розташовані на ньому. Каріоплазма об'єднує в одне ціле всі структури ядра.

Під час поділу клітини в ній легко помітити паличкоподібні структури — хромосоми. Хромосоми є складним і високовпорядкованим комплексом ДНК і спеціальних білків. У період між поділами хромосоми деспіралізуються і мають вигляд довгих ниток з окремими неспіралізованими ділянками у формі гранул. Такі гранули називаються хроматином. Кінці хромосом завжди конденсовані та приєднуються до ядерної пластинки. Хромосоми розташовані в ядрі дуже впорядковано, бо довжина ниток ДНК дуже велика й без упорядкованого розміщення вона не зможе функціонувати.

Унаслідок транскрипції в ядрі з РНК і білків утворюються рибонуклеопротейдні комплекси (РНП-комплекси). Найбільшими такими комплексами є ядерця. Зазвичай у ядрі розташоване одне ядрце. Але інколи їх може бути й кілька. Зовні ядрце має вигляд щільного пружного тільця округлої форми. Більшу його частину складають попередники рибосом. Ядерця формуються на певних ділянках окремих хромосом (ядерцевих організаторах). Функція ядерця — формування основних компонентів для створення рибосом. Інші РНП-комплекси містять у своєму складі різні види РНК (і-РНК, т-РНК тощо).

## **ЦАРСТВО ГРИБИ**

Гриби (Fungi, Mycota, Mycophyta, Mycotalia) — своєрідні організми (понад 100 тис. видів), які поєднують в собі ознаки і рослин, і тварин. Вони ростуть на багатому органічними речовинами ґрунті, в сирих затінених місцях, на рослинних залишках, на харчових продуктах, на живих тканинах рослин і тварин. Гриби, як і рослини, ростуть протягом всього життя. Вони позбавлені хлорофілу й за типом живлення є гетеротрофами (сапрофіти або

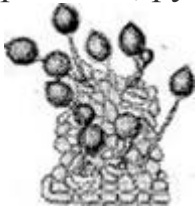
паразити), але поживні речовини всмоктують, як рослини. До складу клітинної стінки більшості грибів входить полісахарид хітин, у примітивних форм — целюлоза. Запасною поживною речовиною в грибів є не крохмаль, а глікоген, і в продуктах обміну речовин присутня сечовина.

Тіло гриба представлено міцелієм (від грец. *mykes* — гриб), або грибноцею, і складається з тонких ниток, що гілкуються, котрі називаються гіфами. Для грибів характерне безстатеве розмноження спорами, частинами грибноці чи брунькуванням. У деяких видів можливий статевий процес. Статеве розмноження відбувається з утворенням гамет у спеціальних органах — антеридіях і архегоніях.

За будовою міцелію гриби діляться на нижчі та вищі.

### **РІЗНОМАНІТНІСТЬ ГРИБІВ**

**Клас Ооміцети.** Розвинений багатоядерний неклітинний міцелій. Нестатеве розмноження здійснюється зооспорами з двома джгутиками. Представник — рід фітофтора, що налічує близько 70 видів. Всі фітофторові ведуть паразитичний спосіб життя. Зооспори утворюються в спорангіях, проростання зооспор і зараження рослини-хазяїна відбувається у воді, тому масове розповсюдження фітофтори відбувається в дощову погоду. Також має місце і статеве розмноження. Фітофтора вражає практично всі тканини рослини, руйнуючи її клітини своїми гіфами й отруюючи виділеннями.



Фітофтора



Спорангії мукорового гриба

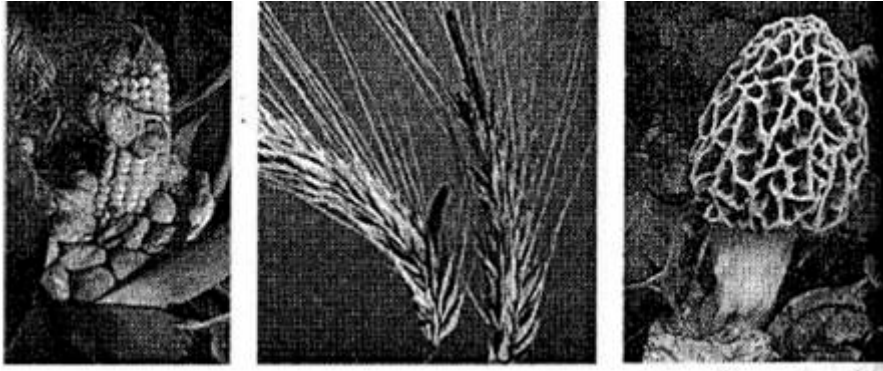


Дріжджі: поділ брунькуванням

**Клас Зигоміцети.** Розвинений міцелій, який у деяких видів у зрілому стані поділяється на клітини. До цього класу відносяться цвілеві гриби роду мукор. Вони викликають цвітіння і псування продуктів харчування, є паразитами внутрішніх органів людини тварин. Токсини, що виділяються цвілевими грибами, дуже небезпечні для здоров'я і навіть у невеликих кількостях можуть призвести до смерті. Основний спосіб розмноження —

нестатевий, спори утворюються в спорангіях, піднятих над грибноцею на спороніжках.

**Клас Аскоміцети** (сумчасті гриби). Один з найбільших класів грибів, що включає близько 30 тис. видів. Характерна особливість класу — утворення під час статевого розмноження асків сумок) — одноклітинних структур, що містять спори. Представники — дріжджі. Міцелій дріжджів утворюється клітинами, що розмножуються брунькуванням. Завдяки здатності до бродіння дріжджі використовують для приготування спиртних напоїв і випікання хліба.



*Сажка кукурудзи      Ріжки жита      Зморшок*

Представниками є також борошнесторосі і ріжкові гриби. Борошниста роса — паразит культурних рослин, розташовується на поверхні плодів і листків у вигляді білуватого нальоту, дуже знижує врожайність. Ріжкові є паразитами злакових культур. Алкалоїди ріжків роблять борошно з уражених зерен непридатним для випікання хліба. Зморшки мають харчове значення. Трюфель, плодові тіла якого утворюються під землею, є найдорожчим делікатесним грибом.

Клас Базидіоміцети. Близько 30 тис. видів багатоклітинних грибів, які утворюють спеціальні спороtvірні органи — базидії. До базидіоміцетів належать так звані шапкові гриби, плодове тіло яких складається з ніжки та шапки. Лисичкові гриби вживаються в їжу. Трутові гриби є руйнівниками деревини. Сажкові та іржасті гриби — паразити рослин, в основному злаків.

Клас Дейтероміцети (недосконалі гриби). Багатоклітинний міцелій. Життєвий цикл проходить у гаплоїдній стадії без зміни ядерних фаз. Усі представники класу розмножуються нестатевим шляхом. Надзвичайно різноманітні, оскільки здатні зливатися один з одним, утворюючи міцелій з різними за генетичним складом ядрами. До цього класу належать цвілеві гриби роду пеніцил — джерело перших антибіотиків.

#### **ЗНАЧЕННЯ ГРИБІВ У ПРИРОДІ ТА ЖИТТІ ЛЮДИНИ.**

У першу чергу слід відзначити шкоду, якої завдають паразитичні гриби. Не існує жодного виду багатоклітинних організмів, який би не вражався грибними паразитами, що викликають захворювання або смерть.

Багато грибів, особливо шапкових, здатні вступати в симбіоз з коренями рослин, утворюючи мікоризу. При цьому гриб отримує від рослини поживні речовини, а рослина від гриба — біологічно активні речовини, які

стимулюють її ріст; також за допомогою грибних гіфів рослина збільшує всмоктування води з ґрунту.

Гриби — сапрофіти беруть участь у круговороті речовин, розкладаючи рослинні залишки й поповнюючи запас мінеральних речовин у ґрунті. Сапрофітами є і дріжджі. Вони розвиваються у цукристому середовищі й викликають спиртне бродіння. Їх широко використовують у виноробстві, пивоварінні, хлібопеченні, для отримання технічного спирту. Пивні дріжджі часто прописують хворим, що страждають на гіповітаміноз, оскільки вони містять тіамін, рибофлавін, ніотинову кислоту й інші вітаміни. Харчові дріжджі містять до 55 % білка, який за своїм складом близький до білка м'яса. У сільському господарстві використовують кормові дріжджі. Різні види пеніцилу застосовують для приготування сирів «рокфор» і «камамбер» із метою додання їм специфічного аромату й смаку.

Шапкові гриби (близько 200 видів) здебільшого їстівні, є продуктами харчування людини. Вони містять багато мінеральних солей і вітамінів. Білки грибів складають до 30 % їх маси, проте засвоюються в травному тракті людини лише на дві третини. Найбільш часто в їжу вживають білі гриби, підберезники, підосиновики, грузді, сиріжки, лисички, маслята, опеньки. З шапкових грибів штучно розводять печериці та гливи.

Необхідно мати на увазі, що отруєння несвіжими чи старими їстівними грибами, а також отруйними (їх відомо близько 25 видів), є украй важкими й можуть призвести до смерті. Тому, збираючи гриби, треба уміти відрізнити отруйні від їстівних. Найбільш отруйні бліда поганка, мухомор, жовчний гриб, несправжні лисички й несправжні опеньки.

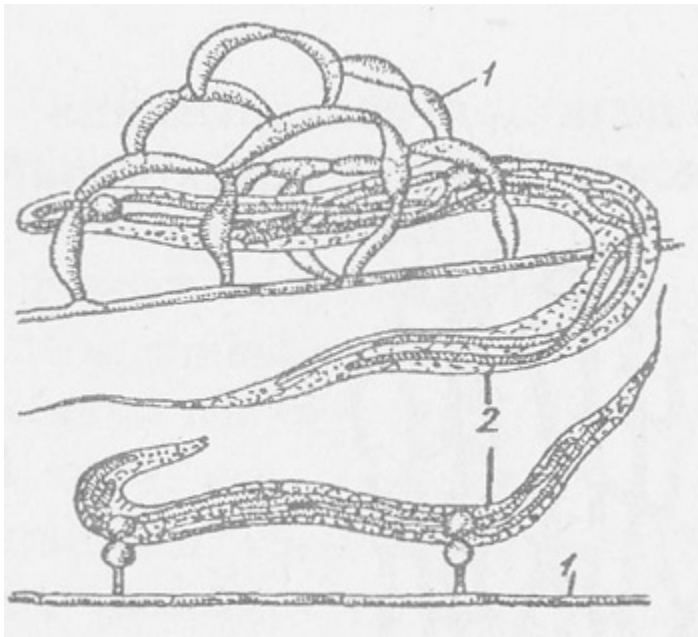
Гриби — паразити поселяються на всіх частинах рослини. Вражаючи культурні рослини, вони значно знижують їх врожайність. На злакових культурах найбільш часто зустрічаються ріжки й сажка. Фітофтора вражає картоплю. На бульбах картоплі гриби — паразити викликають появу «чорної гnilі», на плодах яблуні та груші — «плодової гnilі», на ягодах агрусу й смородини — «борошнистої роси». Усі грибкові захворювання рослин розповсюджуються дуже швидко, оскільки дрібні спори грибів переносяться з хворих рослин на здорові вітром, опадами, черв'яками, слимаками, комахами.

Домовий гриб і трутовик руйнують деревину. Спори трутовика вражають дерево через різні пошкодження стовбура чи гілок і проростають. Грибниця, що утворюється, руйнує деревину, робить її трухлявою. Уражене дерево звичайно гине. Плодове тіло трутовика багаторічне, формою нагадує копито. Спори утворюються на нижній його поверхні.

Існують так звані хижі гриби, будова яких пристосована до захоплення дрібних круглих черв'яків, що мешкають в ґрунті.

Певні види грибів є збудниками захворювань людини. Частіше це шкірні захворювання — стригучий лишай, парша, актиномікози. У тварин і птахів гриби вражають внутрішні органи.





*Хижі гриби, що захоплюють круглого черв'яка:*

1 — гриб; 2 — нематода.

Гриби викликають також корозію металів, ушкоджують лакофарбові покриття, книги й тканини.

З культур деяких грибів у промислових умовах одержують антибіотики (пеніцилін, коліміцин, мономіцин, стрептоміцин тощо) й лимонну кислоту. Сировиною для отримання ліків є і ріжки, що містять велику кількість алкалоїдів.

### **ЛИШАЙНИКИ**

Лишайники представлені більш ніж 20 тис. видів. В основі організації лишайників лежить помірний паразитизм гриба на водорості. Гриб і водорість вступають у тісні, довготривалі відношення і формують особливі морфологічні форми та шляхи метаболізму. Гриб є облігатним паразитом. Він формує особливі гіфи — гаусторії, які проникають у клітини водоростей і слугують для обміну речовинами. Гриб поступово з'їдає вміст водорості, залишаючи при цьому резерв, оскільки знищення всієї водорості призведе до його загибелі. У свою чергу водорість отримує від гриба воду та мінеральні речовини.



Будова лишайників

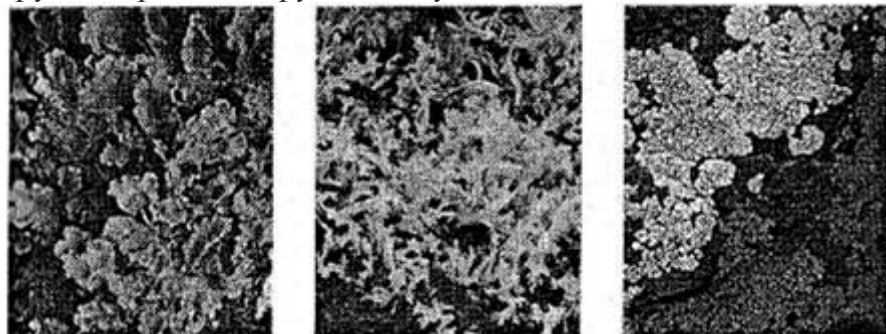
Грибний компонент лишайників — мікобіонт — може бути представником класів Базидіоміцети, Аскоміцети або Фікоміцети. У вільноживучому стані мікобіонти в природі не зустрічаються, а в культурі ростуть дуже повільно й не утворюють плодових тіл. Водоростевий компонент — фікобіонт — може бути представником відділів Зеленої, Жовтозеленої або Бурої водорості, а також Ціанобактерії. Близько 40 % лишайників мають як фікобіонта зелену одноклітинну водорість требуксію. Фікобіонт зберігає здатність до автономного існування та розмноження, проте здатність переносити несприятливі умови зовнішнього середовища (у першу чергу перепади вологості, тиску, температури) помітно знижується.

Слані лишайників бувають трьох морфологічних типів:

*накипні* — у вигляді скориночки, щільно зростає із субстратом (пірснула блискуча, верукарія скельна, каліціум зелений, артонія промениста),

*листуваті* — у вигляді листкоподібної пластики, горизонтально розташованої на субстраті (колема в'яла, пельтігера пухирцева, лобарія легенева, пармелія відцентрова);

*кущисті* — у вигляді прямостоячого або звисаючого кущика (сферефорус круглий, рочелла фукоїдна, уснея довгошия, кладонія оленяча).



Слань лишайників:

а) листуваті, б) кущисті, в) накипні

Розрізняють *гомеомерні* та *гетеромерні* слані. У гомеомерній слані водорості дифузно розкидані по всій її товщі, а в гетеромерній утворюють відокремлений шар.

Розмноження лишайників здійснюється Статевим, нестатевим і вегетативним способами. Утворення мікобіотом плодових тіл і спор довгий процес, що триває у деяких видів 10 років. Після висівання і проростання спор молодий міцелій утворює довгі тонкі пошукові гіфи для виявлення водоростей, які відповідають од ному виду лишайника. Виявивши клітини водорості, гіфи мікобіонта відокремлюють їх від субстрату, оточують і починають формувати слань. Водорості у складі лишайника розмножуються як правило, нестатевим способом.

**Екологія та значення у природі.** Лишайники є багаторічними організмами, вік деяких екземплярів оцінюють у 300 і більше років. У високих широтах тундри та лісотундри лишайники складають значну частину рослинного покриву, будучи основними продуцентами органічних речовин. Лишайники беруть активну участь у процесах ґрунтоутворення, руйнуючи своїми виділеннями тверді породи. Лишайники, які живуть на деревах захищають їх від зараження трутовими грибам, діючи своїми виділеннями фунгіцидно. Висока чутливість лишайників до забрудненого повітря дозволяє використовувати їх як природний індикатор забруднення повітря оксидами Сульфуру, Нітрогену і Карбону.

## ТЕМА 6

### ЦАРСТВО РОСЛИН. ПІДЦАРСТВО БАГРЯНКИ. ПІДЦАРСТВО СПРАВЖНІ ВОДОРΟΣЛІ.

Значення рослин на Землі величезне. Саме представники царства рослин - первинні виробники органічних речовин. Доведено, що весь наявний в атмосфері кисень з'явився, завдяки життєдіяльності рослин, а точніше - фотосинтезу. Рослинні співтовариства є природним місцем існування тварин і людей, при цьому забезпечуючи їх їжею, у тому числі опосередковано, беручи участь в утворенні ґрунту. Рослини служать сировиною для отримання різних технологічних матеріалів, палива, будівельних матеріалів, лікарських засобів. Деякі види рослин стали культурними, і з них отримують цінні харчові продукти.

Характеристика:

- автотрофи (фотосинтетики);
- осмотрофний тип живлення;
- зазвичай нерухомі з великою поверхнею тіла та необмеженим ростом;
- клітини з целюлозною клітинною стінкою, мають великі вакуолі з клітинним соком та пластиди.

Ботаніка — це наука, що займається вивченням рослин.

**Царство рослин** об'єднує живі організми, що володіють характерними ознаками. Всі вони є автотрофами, тобто можуть здійснювати фотосинтез. Також всі представники царства рослин мають щільні клітинні оболонки, основою яких є така органічна речовина, як целюлоза. Крохмаль у рослин - запасна речовина. Незважаючи на те, що рослинам-сапрофитам і паразитам властиве гетеротрофне харчування, вони відносяться до царства рослин, тому що такий тип харчування вторинний. Є й інші характерні особливості у представників царства рослин. Це певні цикли життєдіяльності, шляхи закладки органів, нерухомий спосіб життя, тощо. Хоча вищезгадані ознаки не є загальними для всіх груп рослин, але їх поєднання дозволяє виділити рослини, особливо високоорганізовані, з усіх живих організмів інших царств. На нижчому рівні розвитку рослини легко можна переплутати з найпростішими тваринами. Головна відмінна особливість рослин на цьому рівні - наявність хлоропластів та особливості структури клітин.

Чим вище рівень організації рослин, тим більш явно помітні відмінності між ними та іншими живими організмами. Основна більшість високоорганізованих рослин мають занадто розчленоване тіло, що обумовлює збільшення його поверхні для кращого засвоєння з навколишнього простору газів і рідини з метою подальшого перетворення їх на поживні речовини в ході фотосинтезу. Наявність великої кількості спеціалізованих частин тіла у вищих рослин стало можливим, саме завдяки розчленуванню і диференціюванню тіла. Більшість значущих ознак будови рослин обумовлені особливостями їх розмноження, розвитку та типом розселення.

Класифікація та систематичні категорії царства рослин зазнали змін із середини двадцятого століття. До цього часу всі рослини були розділені на нижчі і вищі. До нижчих належали бактерії, гриби, водорості, лишайники і слизовики, а до вищих - мохоподібні, ринієві, плауноподібні, псилютові, хвощеподібні, голонасінні, папоротникоподібні та покритонасінні. На сьогоднішній день в систематиці рослин існують царство бактерій і царство грибів окремо одне від одного. Тому групу «нижчих рослин» припинили визначати окремо. У сучасній систематиці царство рослин ділиться на три підцарства: справжні водорості, багрянки (червоні водорості) та вищі рослини (зародкові). У ці три підцарства включені всі 350 000 видів рослин, що ростуть на Землі. Вони розрізняються розмірами - від дуже маленьких до величезних рослин. Всі представники царства рослин відрізняються один від одного життєвими формами (трави, дерева, чагарники), тривалістю періоду життєдіяльності (багаторічні, однорічні, дворічні), вимогами до умов навколишнього середовища, типами розмноження. Всі рослини розподілені за основними відділами царства рослин. Це мохи, плауни, папороті, голонасінні, хвощі та покритонасінні (квіткові) рослини. Представники відділу покритонасінних (квіткових) рослин в свою чергу діляться на два класи - дводольні й однодольні. Різні типи розмноження рослин обумовлюють їх поділ на насінні рослини і ті, що розмножуються спорами. З урахуванням вимог рослин до умов зростання виділяють теплолюбні рослини і холодостійкі, тіньовитривалі та світлолюбні, посухостійкі та вологолюбні. Ті рослини, середовищем існування яких є вода, називаються водними.

## **ВІДДІЛ ВОДРОСТІ**

Справжні водорості (Algae) — широка група рослинних організмів, яка включає декілька відділів і близько 30 тис. видів. Розміри водоростей залежать від рівня їх організації. Тіло їх може бути репрезентоване однією клітиною чи колонією клітин, або багатоклітинним шаром. Справжніх тканин немає. Вегетативні органи також відсутні. Розміри одноклітинних водоростей становлять від 0,25 до 30 мкм. Представники багатоклітинних видів досягають 10-12 і навіть 50 м. (бурі водорості).

Водорості поширені в морських і прісних водах, у вологому середовищі, на суші. Залежно від екологічних особливостей водорості ділять на планктонні, бентосні (донні), наземні, ґрунтові, водорості гарячих джерел, водорості снігу та льоду.

Планктонні та бентосні водорості є основними виробниками органічної речовини у водоймищах. Від їх чисельності залежить чисельність різних рослиноїдних безхребетних і хребетних тварин (молюсків, ракоподібних, риб тощо).

Біомаса водоростей у Світовому океані оцінюється в 1,7 млрд.

тон, біомаса тварин — у 32,5 млрд. тон. Таким чином, біомаса тварин майже в 20 разів перевищує рослинну. Виникає питання: як же забезпечується їжею тваринне населення морських вод? Відповідь полягає в надзвичайно високій продуктивності фітопланктону, що становить 550 млрд.

тон на рік. Менш продуктивні бентосні рослини, що дають 0,2 млрд. тон на рік. Безперервне розмноження водоростей створює кормову базу для численних морських тварин, продукція котрих складає 56,2 млрд. тон на рік, тобто в 10 разів менше (ці цифри відповідають правилу екологічної піраміди, що відображає втрати енергії з метою живлення).

Наземні водорості поселяються на твердих субстратах, де є постійне або періодичне зволоження: на корі дерев, на мохах, валунах і скелях, на огорожах, дахах тощо. Протягом свого життя вони оточені повітрям, джерелом води для них є дощ і роса. Наземні місцепроживання заселяються одноклітинними, колоніальними й нитчастими водоростями. Вони утворюють порошкоподібні слизисті нальоти, войлокоподібні пласти, м'які чи тверді кірки. При пересиханні або промерзанні наземні водорості перебувають у стані анабіозу, за сприятливих умов їх зростання поновлюється.

До умов життя в ґрунті пристосувалися близько 2000 видів різних водоростей. Основна їх маса виявляється в поверхневому шарі завглибшки до 1 см. На глибині 10 см. і більш вони зустрічаються в незначній кількості. У ґрунтових водоростей широко поширене пристосування, що дозволяє переносити засуху. Воно полягає в утворенні слизистих чохла, які складаються з полісахаридів і здатні швидко поглинати й утримувати велику кількість води.

Водорості відіграють велику роль у накопиченні органічної речовини в ґрунтах. Біомаса водоростей на різних ґрунтах складає від 0,6 до 1,5 тони на 1 га. і неодноразово оновлюється за вегетаційний період. Органічні речовини, що виділяються водоростями, живі тіла й продукти розпаду кліток водоростей служать їжею багатьом ґрунтовим організмам: бактеріям, грибам, найпростішим, черв'якам тощо.

Водорості впливають також на структуру ґрунту. Так, нитчасті водорості обплітають частинки ґрунту, склеюють слизом і тим самим закріплюють їх.

Водорості, що мешкають в гарячих джерелах і на снігу, свідчать про високу пристосовність цих організмів до життя в самих різних, у тому числі екстремальних, умовах.

У формуванні осадкових порід велику роль відіграли й відіграють одноклітинні водорості діатомеї, котрі будують свій панцир з кремнезему. Вважають, що в Світовому океані ці водорості витягують на рік від 70 до  $150 \cdot 10^9$  тон кремнезему. Відмираючи, водорості опускаються на дно, де утворюють осад, який складається з їх панцирів.

Живлення водоростей автотрофне. Деякі одноклітинні водорості, наприклад ґрунтові, що мешкають у глибоких горизонтах, можуть переходити на гетеротрофне живлення. Запасні поживні речовини відкладаються у вигляді крохмалю, рідше — масла.

Водорості розмножуються безстатевим і статевим шляхом. Безстатеве розмноження здійснюється в двох формах. До вегетативного відноситься поділ слані на частини без будь-яких перетворень у клітинах: поділ навпіл клітин у одноклітинних, розпад колоній, фрагментація у багатоклітинних.

Більш спеціалізована форма безстатевого розмноження — спороутворення, при якому в спеціальних органах або всередині вегетативних клітин виникають нерухомі спори або рухливі, забезпечені джгутами зооспори. Ті й інші утворюються у великих кількостях і, проростаючи, дають нову водорість.

Статеве розмноження полягає у формуванні спеціалізованих статевих клітин — чоловічих і жіночих гамет та їх подальшому злитті з утворенням зиготи. При статевому розмноженні у різних видів водоростей гамети бувають трьох основних типів: статеві клітини однакового розміру та форми (ізогамія); не однакові за розмірами й рухливістю чоловічі та жіночі статеві клітини (гетерогамія); велика та нерухома жіноча статеві клітина й невеликих розмірів сперматозоїд із джгутами (оогамія). Чоловічі та жіночі гамети можуть розвиватися на одному організмі чи на різних. Після запліднення диплоїдна зигота проростає і утворює нову слань. У гаплоїдних видів перший поділ зиготи редукційний. Усі подальші клітини, що виникають у процесі зростання, гаплоїдні. Прикладом чергування поколінь у водоростей може бути бура водорість ламінарія.

Господарське значення водоростей неухильно зростає.

Водорості відвіку вживаються в їжу, особливо широко в Японії і на Тихоокеанському побережжі Росії. Найбільшою популярністю користується морська капуста — бура водорість ламінарія та близькі до неї види. В їжу йдуть також деякі червоні й зелені водорості. З водоростей одержують клей, що застосовується в текстильній промисловості й у будівництві як добавка до цементу. Із золи бурих водоростей отримують йод.

Зі всіх відділів водоростей розглянемо два: бурі, що мають велике господарське значення, і зелені, що включають найбільш складно організовані рослини в групі водоростей і відіграють важливу еволюційну роль.

Відділ червоні водорості, або багрянки. Червоні водорості виділили із справжніх водоростей у самостійне підцарство рослинного світу. Ця група включає близько 4 000 видів, з числа яких переважна більшість — мешканці дна морів і лише небагато форм зустрічаються в прісних водах.

Своєрідність червоних водоростей полягає перш за все в наборі пігментів. Крім звичайних хлорофілів і каротиноїдів у пластидах багрянок містяться так звані фікобіліни, які зустрічаються ще тільки у синьо-зелених водоростей. Різні співвідношення цих пігментів визначають різноманітність забарвлення — від яскраво-червоного до голубувато-зеленого й жовтого. У результаті фотосинтезу в цитоплазмі клітин відкладається особливий крохмаль, який за складом близький до глікогену. Інша важлива особливість — складний статевий процес, відмінний від статевого розмноження інших водоростей. Гамети й спори червоних водоростей позбавлені джгутиків і нерухомі. Запліднення здійснюється при пасивному перенесенні чоловічих статевих клітин до жіночого статевого органу.

Більшість багрянок мають розміри від декількох сантиметрів до 1 м., хоча зустрічаються і одноклітинні організми.

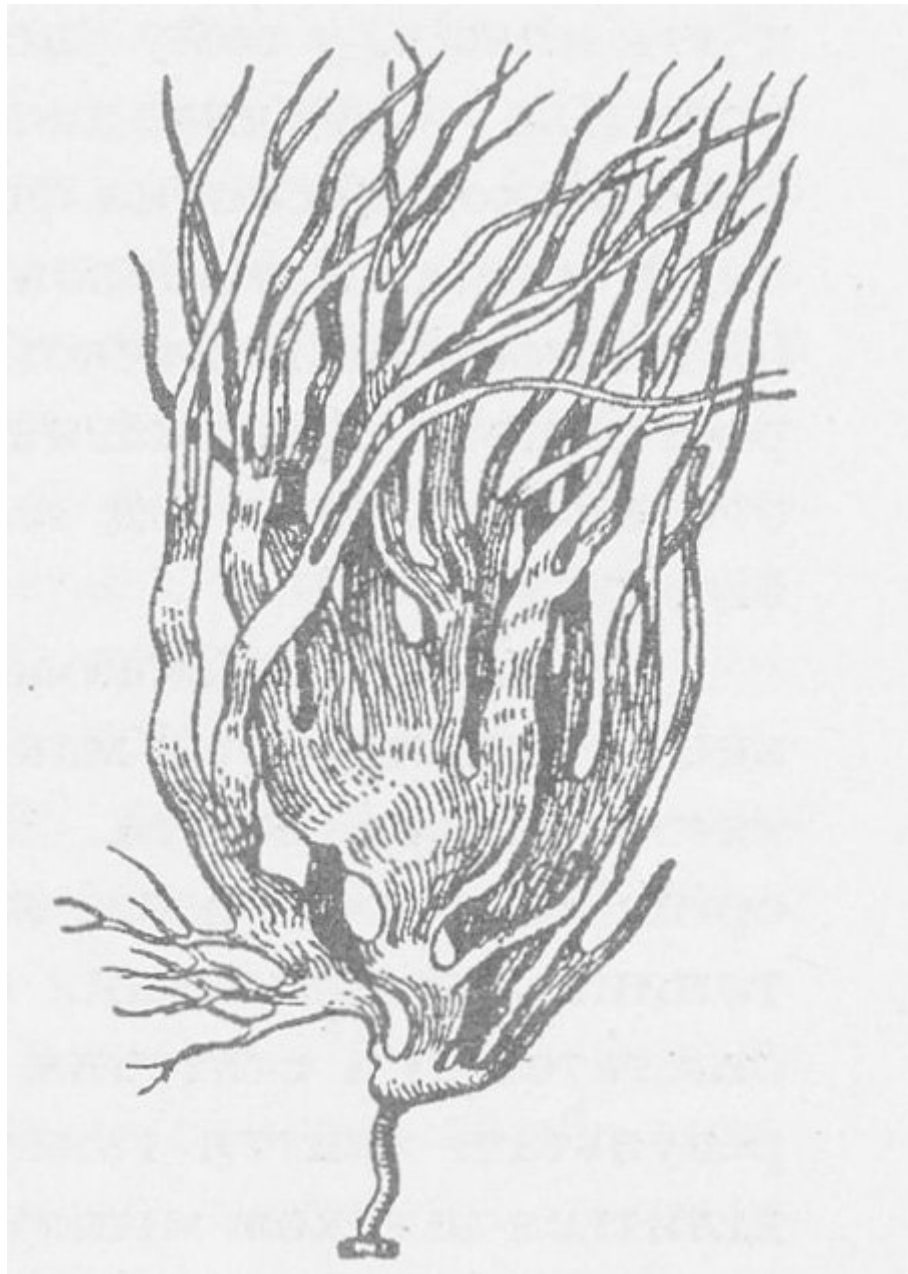
Зовнішня будова червоних водоростей дуже різноманітна. Серед них є форми ниткоподібні й пластинчаті, циліндрові та кірко-видні, у вигляді шнурів або розгалужених кущиків. Вони завжди прикріплені до каменів, черепашок тощо за допомогою ниткоподібних виростів — ризоїдів. Червоні водорості мешкають на різних, у тому числі великих, глибинах (до 200 м.). У деяких видів (так звані кам'яні водорості) в клітинах відкладається велика кількість карбонату кальцію і магнію. Такі багрянки разом з коралами беруть участь в утворенні рифів.

Червоні водорості відіграють значну роль у житті моря. Разом із бурими вони є найпоширенішими рослинними організмами в морських біоценозах. Вони є джерелом органічної речовини в морі та їжею морським тваринам. Людина використовує деякі види в їжу. У промислових масштабах із них добувають агар, який широко застосовується з харчовою і медичною метою.

Відділ бурі водорості. Бурі водорості — виключно багатоклітинні рослини. У даний час їх налічується близько 1500 видів. Загальною зовнішньою ознакою служить жовто-буре забарвлення їх слані, зумовлене великою кількістю жовтих і бурих пігментів. Розміри їх дуже різноманітні: від десятих часток міліметра й декількох міліметрів до десятків метрів. Так само різноманітна й форма слані. Зустрічаються ниткоподібні, кірковидні, кулясті, пластинчаті, куцоподібні рослини. Слані більшості видів містять газові пухирці, утримуючі водорості у вертикальному положенні. У багатьох видів бурих водоростей слань складається з декількох низок клітин, які щільно сполучені між собою по всій довжині та нагадують паренхіму вищих рослин. В багаторядних сланях можна розрізнити кору з інтенсивно забарвлених клітин, що містять велику кількість хлоропластів, і серцевину, котра складається з безбарвних клітин. Серцевина служить для транспортування продуктів фотосинтезу й виконує механічну функцію. Таким чином, у бурих водоростей намічається поділ клітин слані на тканини.

Клітини бурих водоростей мають одне ядро, вкриті слизом стінки, що складаються з внутрішнього целюлозного шару й зовнішнього пектинового шару. Запасні поживні речовини — полісахарид ламінарії та шестиатомний спирт маніт. Бурі водорості завжди прикріплені до ґрунту або інших рослин. Прикріплення здійснюється за допомогою виростів — ризоїдів. Поширені вони у всіх водах — від тропічних до приполярних. Найбільш часто їх зарості зустрічаються на глибинах до 6-15 м., але відомі випадки зростання бурих водоростей на глибині 100 і навіть 200 м.





Ads by optAd360

Рис. 14. Бурі водорості.

У бурих водоростей зустрічаються всі форми розмноження. Вегетативне розмноження відбувається при випадковому відділенні частин слані, лише у деяких видів для цього існують спеціальні пупки. Спорове розмноження здійснюється шляхом утворення гаплоїдних спор, які розвиваються в гаплоїдні рослини статевого покоління — гаметофіти. Статевий процес представлений трьома формами: ізогамною, гетерогамною та оогамною. Зигота проростає в диплоїдну рослину — спорофіт. Спорофіт утворює рухливі зооспори. У ламінарій гаметофіт існує недовго, тоді як спорофіт — багаторічний.

Бурі водорості людиною використовуються більш широко в порівнянні з іншими представниками цієї групи. Вони — єдине джерело такого цінного продукту, як альгінати, котрі широко використовуються при

приготуванні консервів, фруктових соків, фарбувальних і склеювальних речовин. Застосування альгінатів підвищує якість друкування книг, робить натуральні тканини невицвітаючими і непромокаючими, підвищує стійкість лакофарбних покриттів і будівельних матеріалів. З їх допомогою одержують високоякісні змащувальні матеріали для машин, мазі та пасти для фармацевтичної та парфумерної промисловості.

Широко використовується також шестиатомний спирт маніт, який витягують із бурих водоростей. У медицині він застосовується як кровозамінник при хірургічних операціях, у промисловості — для виробництва синтетичних смол, фарб, вибухових речовин. У сільському господарстві бурі водорості вживаються як кормова добавка. Не втратили свого значення бурі водорості й як сировина для отримання йоду.

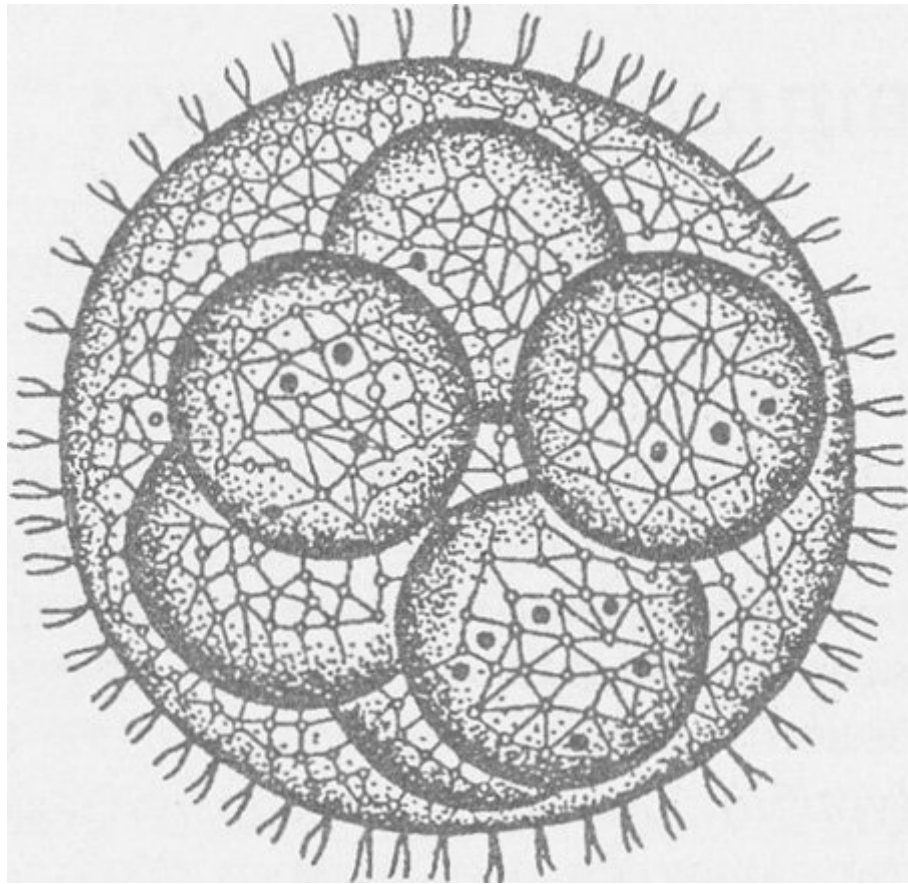
Відділ зелені водорості. Зелені водорості — найчисленніший зі всіх відділів водоростей. Він налічує від 13 до 20 тис. видів і включає одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми. Усі вони відрізняються чистим зеленим кольором своїх сланей, що схожий на забарвлення вищих рослин і зумовлений перевагою хлорофілів над іншими пігментами.

Унаслідок різноманітності будови зелені водорості ділять на п'ять класів, у тому числі вольвоксові (основна форма вегетативного тіла — рухливі джгутикові клітини й колонії таких клітин), протококові (основна форма вегетативного тіла — нерухомі клітини із щільною оболонкою і колонії таких клітин), улотрикові (багатоклітинні нитчасті та пластинчаті форми). До зелених водоростей приєднуються найбільш складні за будовою харові водорості, що походять від зелених і виділяються нині в самостійний відділ.

До класу вольвоксових відносяться найпримітивніші представники відділу, котрі мають джгутики та зберігають рухливість протягом всього життя. Більшість вольвоксових — одноклітинні організми, проте деякі види є колонією. Клітини одноклітинних і колоніальних форм містять одне ядро. Розмноження — безстатевим і статевим шляхом. При статевому розмноженні в результаті злиття гамет утворюється диплоїдна зигота. Зигота ділиться шляхом мітозу. Подальші поділи приводять до утворення кулястого тіла вольвоксу, що складається з гаплоїдних клітин.

Унаслідок широкого розповсюдження і здатності до швидкого розмноження вольвоксові відіграють істотну роль у круговороті речовин у природі. Вони беруть активну участь в очищенні забруднених і стоячих вод, у формуванні озерного мулу — сапропелю, є джерелом їжі для багатьох видів дрібних безхребетних тварин.

Походять вольвоксові від примітивних амебоїдних форм. Велике значення мають два напрями еволюції вольвоксових. Перший — ускладнення будови слані шляхом диференціації клітин на вегетативні й репродуктивні. Це один з можливих шляхів виникнення багатоклітинних організмів.



Ads by optAd360

Рис. 15. Вольвокс.

Другий — втрата рухливості у вегетативній фазі життєвого циклу. Ця лінія еволюції привела до формування протококових водоростей, а від них — через нитчасті й пластинчаті багатоклітинні водорості — до наземних зелених рослин.

Клас протококові представлений як одноклітинними (хлорела), так і багатоклітинними видами. У всіх представників класу у вегетативній фазі життєвого циклу відсутні джгутики. У процесі еволюції цей клас вважається перехідним при формуванні типово рослинної структури тіла, характеризується розвитком слані з нерухомих клітин, одягнених щільною оболонкою і надалі здібних до функціональної та морфологічної диференціації. Протококові широко розповсюджені, віддають перевагу забрудненим водоймищам та інтенсивно очищають стічні води. Деякі види прикріплюються переважно до ракоподібних, покриваючи їх суцільним нальотом. Унаслідок невимогливості до умов проживання хлорелу вирощують промисловим шляхом як додаткове джерело білків на корм худобі.

Клас улотриксів об'єднує велику кількість різноманітних зелених водоростей, загальною ознакою яких є нитчаста або пластинчата будова слойовища. Як й інші зелені водорості, розмножуються статевим і безстатевим шляхом: окремі клітини або ділянки ниток легко відриваються і переходять до самостійного зростання. Найвідоміші представники класу: рід улотрикс, який мешкає в прісних водах, і рід ульва, що живе в морських

водах і відомий під назвою «морський салат». Ульвові, на відміну від улотрикса, мають паренхімну будову.

Еволюція зелених водоростей у водному середовищі не призвела до утворення складних за будовою і великих сланей з диференціацією їх на тканини. Це відбулося при освоєнні зеленими водоростями суші та розвитку вищих наземних рослин.

**ТЕМА 7**  
**ПІДЦАРСТВО ВИЩІ РОСЛИНИ.**  
**ВІДДІЛИ: МОХОПОДІБНІ, ПЛАУНОПОДІБНІ,**  
**ХВОЩЕПОДІБНІ, ПАПОРОТЕПОДІБНІ, ГОЛОНАСІННІ ТА**  
**ПОКРИТОНАСІННІ. 4 ГОД**  
**ПЛАН**

1. Покритонасінні рослини. Загальна характеристика. Ознаки класу.
2. Родини класу дводольних, представники родин і використання їх людиною.
3. Родини класу однодольних. Представники родин і використання їх людиною.

### **ПІДЦАРСТВО ВИЩІ РОСЛИНИ**

До вищих відносяться рослини, розвиток яких супроводжується утворенням зародка, а тіло розчленовано на стебло, корінь і лист. Це складні багатоклітинні організми, клітини яких диференційовані й утворюють різні тканини, що мають певне функціональне значення. Характерна риса вищих рослин — наявність провідної системи (трахеїтів і судин), які забезпечують обмін речовинами між полярними частинами організму. Звідси виникла ще одна назва вищих рослин — судинні. До них відносяться наступні відділи: мохоподібні, плаунові, хвощеві, папоротеподібні, голонасінні й покритонасінні.

Вищі рослини — наземні організми, й особливості їх будови зумовлені пристосуванням до життя на суші. Основні особливості їх наступні:

— виникнення та поглиблення відмінностей між спорофітом і гаметофітом, переважання спорофіта над гаметофітом (за винятком мохоподібних);

— поява багатоклітинних статевих органів і шару клітин, що захищають їх від висихання;

— збільшення розмірів спорофіта і, як наслідок цього, — зростаюче розчленовування тіла, що викликане необхідністю збільшення поверхні: кореня — для забезпечення потреб рослини у воді й мінеральних солях, листя — для підтримки необхідного рівня фотосинтезу;

— виникнення покривної тканини — епідерми, що покрита захисною плівкою (кутикулою), яка оберігає рослину від висихання; у свою чергу, розвиток кутикули привів до утворення продихів — високоспеціалізованих утворень, що регулюють газообмін і випаровування води рослиною (у водних рослин, позбавлених кутикули, відсутні й продихи);

— посилення механічної стійкості стебла шляхом потовщення клітинної стінки й просякнення її лігніном, який додає жорсткість целюлозному остову клітинної оболонки.

Вищі рослини з'явилися на суші в кінці силурійського періоду — близько 415-430 млн. років тому у вигляді невеликих за розмірами та примітивних за будовою риніофітів (раніше званих псилофітами). Предками перших наземних рослин були зелені водорості, ймовірно ті з них, в яких диплоїдна фаза життєвого циклу переважала над гаплоїдною (за винятком мохоподібних, див. нижче). Основний напрям еволюції наземних рослин полягав у вдосконаленні спорофіта, в наземних умовах значно більш життєздатного, ніж гаметофіт. Оточуючі нас рослини — папороті, злаки, різнотрав'я, хвойні та листяні дерева — спорофіти. Основну частину біомаси на Землі — близько 90 % — складають наземні рослини.

### **Загальна характеристика вищих рослин.**

Вищі рослини походять від нижчих і характеризуються рядом ознак більш високої організації.

Вийшовши на сушу, рослини набули ряд прогресивних ознак.

Утворення органів (стебла, листка, кореня). Листки і стебла сприяли збільшенню фотосинтезуючої поверхні. Корені забезпечили мінеральне живлення, а листки повітряне живлення вищих рослин.

Для транспортування води з розчиненими мінеральними речовинами (висхідна течія) і органічних речовин (низхідна течія) стала потрібна провідна система, утворилися трахеїди, трахеї та ситовидні трубки. Далі провідні елементи групуються в пучки. Виникає центральний циліндр — стела. Спочатку це протостела, яка потім ускладнюється;

У наземному середовищі рослинам стала потрібна покривна тканина (захисна функція), а також розвинується продиховий апарат (газообмін, транспірація).

Потім розвинулись механічні тканини, потреби в яких у водному середовищі не було.

Звичайно всі ці органи і тканини виникли не відразу і наявні не у всіх вищих рослин. Вивчення вимерлих викопних рослин, відкриває нам цілий ряд проміжних форм, що свідчать про виникнення і етапи розвитку тих або інших органів, тканин, а також окремих груп вищих рослин.

Вищі рослини, або Зародкові (Embryobionta), Листостеблові (Cormobionta) поділяють на архегоніати (Archegoniatae), до них належать всі відділи, крім покритонасінних, так як вони характеризуються наявністю багатоклітинного жіночого статевого органа – архегонія, та квіткові, або маточкові (Anthophyta). Статеві органи архегонії і антеридії завжди багатоклітинні, на відміну від одноклітинних у нижчих рослин, лише у харових оогонії багатоклітинні, у деяких бурих гаметангії також багатоклітинні.

Вищі рослини походять від водоростей. Вихід рослин на сушу відбувся в ранньому палеозої, можливо в кембрійському періоді. Якщо припустити, що вищі рослини походять від зелених водоростей, адже зелене забарвлення, але серед зелених водоростей немає складно розчленованих форм. Очевидно, вищі рослини походять від вимерлих, (але не сучасних) представників бурих водоростей, які мали багатокамерні спорангії та гаметангії.

**Характерна ознака вищих рослин** – наявність правильної зміни поколінь у циклі розвитку. Гаметофіт гаплоїдний, спорофіт диплоїдний.

З моменту виходу на сушу вищі рослини розвивались в двох основних напрямках: вони утворили дві великі еволюційні гілки – гаплоїдну і диплоїдну. Перша представлена відділом Мохоподібні, у яких в життєвому циклі домінує гаплоїдне статеве покоління – гаметофіт, друга – решта вищих рослин, у яких переважає диплоїдне безстатеве покоління – спорофіт. Вищі рослини налічують 300 000 видів, з них 5000 видів у флорі України.

**Вищі спорові рослини поділяють на 9 відділів:**

1. Риніофіти (Rhyniophyta).
2. Зостерофілофіти (Zosterophyllophyta).
3. Мохоподібні (Bryophyta).
4. Плауноподібні (Lycopodiophyta).
5. Псилотоподібні (Psilotophyta).
6. Хвоцеподібні (Equisetophyta).
7. Папоротеподібні (Polypodiophyta).
8. Голонасінні, або Сосноподібні (Gymnospermae, або Pinophyta).
9. Покритонасінні, або Квіткові (Angiospermae, або Magnoliophyta).

Перші два відділи представлені виключно вимерлими рослинами.

**Відділ Мохоподібні (Bryophyta).**

Мохоподібні відносяться до вищих рослин. У високоорганізованих представників тіло розчленоване на стебла і листки (листочкові). Про листки і стебла можна говорити умовно, їх називають філідіями і каулідіями. Корені відсутні, їх функцію виконують ризоїди. Для менш організованих представників не характерне розчленування на органи, тіло їх представлене таломом або сланню.

Мохоподібні характеризуються простою внутрішньою будовою. В їх тілі можна виявити асиміляційну тканину, а також слабо виражені, порівняно з іншими сучасними вищими рослинами, провідні, механічні, запасуючі і покривні тканини.

Найхарактерніша ознака мохоподібних, що відрізняє їх від інших вищих рослин, домінування в циклі розвитку гаметофіта над спорофітом, який завжди зв'язаний з гаметофітом.

Спорофіт називається спорогоном, складається із коробочки зі спорами і ніжки, нижня частина якої потовщена у вигляді присоски – гаусторії, якою він занурюється в тіло гаметофіта і отримує від нього необхідні поживні речовини. Із спори у мохоподібних розвивається протонема – нитчасте або пластинчасте утворення, що нагадує водорість. Протонема або безпосередньо дає початок розвитку моху, або утворює бруньки, що далі розвиваються в дорослу рослину.

На дорослій рослині розвиваються антеридії та архегонії (розрізняють одноклітинні і двоклітинні рослини). В антеридії утворюються дводжгутикові сперматозоїди. Архегонія має вигляд пляшкоподібного багатоклітинного утвору із звуженою шийкою і розширеним черевцем, де розміщується велика яйцеклітина. Після запліднення із зиготи розвивається спорогон (спорофіт).

Мохоподібні – це дуже давня група рослин. Їх викопні рештки відомі з кам'яновугільного періоду, але це вже були високоорганізовані рослини, що пройшли довгий шлях еволюції, тому появу мохоподібних, очевидно, можна віднести до давніших періодів – девону чи силуру.

#### **Походження мохоподібних.**

1. Мохоподібні виникли від водоростей і становлять проміжну групу між водоростями та папоротеподібними.

2. Мохоподібні виникли від псилофітів внаслідок редукції спорофіта і перетворення його в спорангій.

3. Мохоподібні та папоротеподібні дві паралельні гілки розвитку, що виникли від спільних водоростеподібних предків з багатоклітинними гаметангіями і різними типами чергування поколінь.

Відділ Мохоподібні поділяють на **3 класи**: Антоцеротові, Печіночники та Листостеблові мохи.

#### **Клас Антоцеротові (Anthocerotopsida).**

Сланеві рослини, мають просто побудований, пластинчастий талом, що дихотомічно галузиться. Клітини талому майже не диференційовані на тканини та органи. Гаметофіт двостатевий, з антеридіями і архегоніями, зануреними в тіло талома. Ризоїди прості. Спорофіт складається з довгого стручковидного спорогонія, що розкривається двома поздовжніми щілинами, і бульбовидного присоска. Всередині спорангія є довга неплідна колонка, оточена спорогенною тканиною, з клітин якої утворюються спори і елатери.

Одна родина Антоцеротові (*Anthocerotaceae*) включає 5 родів, 300 видів. Поширені скрізь частіше в тропіках. У флорі України є лише кілька видів, найчастіше зустрічається антоцерос гладенький (*A. laevis*).

#### **IV Клас Печіночники (Hepaticopsida).**

Здебільшого це сланеві рослини з одноклітинними простими або розгалуженими ризоїдами. Характеризуються дорзовентральною будовою тіла. У багатьох представників слань розчленована на стеблоподібний стержень і розташовані на ньому, часто, в два ряди, листоподібні лопаті, що відіграють роль листків. В деяких клітинах печіночників є олійні тільця, містять секрети (суміш ефірних масел). Імовірно захищають від поїдання тваринами.

В коробочці спорофіта крім спор містяться пружинки - елатери, які сприяють розповсюдженню спор.

Протонема розвинена слабо і являє собою коротку нитку або пластинку.

До класу печіночників належить 8,5 тис видів, що входять до складу 235 родів, 6-7 порядків. В Україні 165 видів.

Поширені печіночники майже по всій земній кулі, найбільше їх в областях з вологим кліматом, де вони ростуть як епіфіти. В помірних областях це наземні рослини, що зустрічаються на сирих і вологих ґрунтах.

#### **Порядок Маршанцієві (*Marchantiales*)**



33 роди, 400 видів. Це сланеві рослини з пластинчастим, дорзовентральним таломом, на нижньому боці якого є лусочки різної форми – амфігастрії. Мають складну анатомічну будову.

*Маршанція звичайна (Marchantia polymorpha)*. Слань велика (до 10 см завдовжки) дихотомічно розгалужена. Талом має вигляд темно-зеленої гіллястої сланкої пластинки з нерівними краями, в центрі якої видно дихотомічно розгалужену темну жилку. На верхівках кожного розгалуження жилки знаходиться невелика виїмка, де розташована твірна тканина, яка забезпечує наростання нових розгалужень талому.

Верхній бік талому темно-зеленого кольору, нижній – бурувато-червоний. Зверху і знизу слань вкрита епідермісом. Під верхнім епідермісом знаходяться повітряні камери – порожнини, бічні стінки яких утворені вертикальними галузистими стовпчиками паренхімних клітин з хлоропластами – асиміляторами (функція асиміляції обумовлює зелений колір). Порожнини камер з'єднуються з навколишнім середовищем через продихові отвори, що знаходяться в епідермальній стінці камери. Продихи мають своєрідну бочкоподібну форму і складаються з 4 або 5 шарів клітин. Нижні клітини продихів глибоко врастають в порожнину продиху. Замикаючих клітин немає. Продихи слугують лише для вентиляції талому, а не для регуляції випаровування. Повітряні камери разом з асиміляторами утворюють асиміляційну тканину, до якої знизу прилягає паренхімна або основна тканина. Основна тканина виконує провідну та запасуючу функції. Клітини безбарвні, з крохмальними зернами. В деяких клітинах є олійні тілця. Зустрічаються також порожнини, заповнені слизом – слизові камери, що утворюються внаслідок руйнування сусідніх клітин. Наявність олійних тілець і слизових камер характерна ознака печіночників.

Від нижнього епідермісу відходять ризоїди, прості і язичкові, а також амфігастрії – лусочки темно-фіолетового кольору, які сприяють утриманню вологи.

Прості ризоїди багато чисельні, одноклітинні, мають широкий просвіт. Розміщені вздовж середньої жилки, спрямовані вертикально вниз, прикріплюють слань до субстрату, всмоктують воду з мінеральними речовинами.

Язичкові ризоїди вужчі, ніж прості, мають складчасті потовщення на внутрішній поверхні оболонки. Вони сплітаються в тяжі, йдуть від середини до країв і верхівки слані. По язичковим ризоїдам і між ними відбувається рух води вздовж талому. Такі ж тяжі язичкових ризоїдів спрямовуються також у різні вирости талому. Язичкові ризоїди заміняють маршанції провідні тканини.

#### ***Розмноження.***

Вегетативне здійснюється утворенням вивідкових бруньок, які розвиваються у вивідкових кошиках, що виникають на верхньому боці талому.

Статевий процес у маршанції відбувається на початку літа. Навесні на слані маршанції утворюються спеціальні підставки, на яких формуються

гаметангії. Жіночі гаметангії - архегонії утворюються на архегоніальних підставках – архегоніофорах, що складаються з короткої ніжки і багатопрорізованої зірки із звисаючими променями. Між променями на нижньому боці розташовані архегонії шийками донизу. Кожна група архегонійів покрита загальним покривалом (перихецієм), кожен архегоній покритий частковим покривалом (періанцієм). Виконують захисну функцію, захищають архегонії, а потім спорогони від висихання. Архегоній має типову для мохоподібних будову, в черевці розташована яйцеклітина великим ядром, в каналі шийки знаходиться 4-5 витягнутих канальневих клітин, які при дозріванні яйцеклітини ослизнюються, розсовують клітини шийки архегонія і сприяють заплідненню.

Антеридіальні підставки – антеридіофори утворюються на інших рослинах - чоловічих. Підставки несуть диски з в'їчастим краєм, мають вигляд восьмикутних щитків, на верхньому боці яких розташовані антеридії, занурені в антеридіальні порожнини. Антеридії - овальні тільця з одношаровою стінкою, прикріплені до дна порожнини невеликою ніжкою. Вміст антеридія складається з численних спермагенних клітин, кожна з яких утворює два дводжгутикових сперматозоїди. При дозріванні антеридій розкривається щілиною, сперматозоїди під час дощу виходять на зовні і активно рухаються у воді, підпливають до архегонійів, відбувається запліднення, в результаті якого утворюється зигота, з якої розвивається диплоїдний спорофіт.

Стигли спорогони мають вигляд жовтих кульок. Складаються з кулеподібної коробочки, короткої ніжки з гаусторією. В коробочці утворюються спори і елатери (пружинки) – це видовжені клітини, стінки яких мають спіральні потовщення.

Коробочка розкривається на верхівці стулками, після чого спори висипаються назовні. Пружинки дуже гігроскопічні. Скручуються в суху погоду і розкручуються в вологу, вони розрихлюють спорову масу, сприяють рівномірному розсіюванню спор із коробочки.

Спори потрапивши на вологий ґрунт проростають в коротку нитку – протонему. На кінці протонемі відчленовується клітина, яка ділиться, відчленовуючи клітини, що діляться в різних напрямках, в результаті формується пластинчаста протонема, яка далі розвивається в талом маршанції.

### ***Порядок Юнгерманієві (Jungermaniales).***

Гаметофіт двостатевий або одностатевий, особливих підставок немає. Сланеві або листостеблові рослини, характеризуються слабкою внутрішньою диференціацією тканин. Спорофіт складається з коробочки, довгої ніжки з добре вираженою присоскою при основі, колонки немає. Розкривається коробочка стулками, або внаслідок руйнування верхньої частини коробочки. 800 видів об'єднують в 195 родів 8 родин. Представник Пелія.

### **Відділ Плауноподібні (Lycopodiophyta)**

**Плауноподібні** – типові листостеблові рослини. У них завжди є корені. Серед вищих спорових рослин плауноподібні становлять мікрофільму лінію

еволюції. Тобто для них характерна мікрофілія – дрібні листки густо розміщені на стеблі. Стебла та корені галузяться дихотомічно.

Плауноподібні одна із найдавніших груп рослин. Викопні рештки їх відомі починаючи з силуру. Найбільшого розвитку плауноподібні досягли в кам'яновугільному періоді палеозойської ери і були представлені багаточисельними великими (до 30 м) деревами: лепідодендронами, сигіляріями та іншими, які формували ліси, а потім вимерли. Скам'янілі рештки їх утворили кам'яне вугілля.

Сучасні плауноподібні – багаторічні трав'янисті рослини (плауни, селажинели). Листки плауноподібних прості, рідше злегка виїмчасто розгалужені на верхівках, з однією жилкою. Підземна частина спорофіта - це кореневище з додатковими коренями. Розгалуження надземних і підземних пагонів осей верхівкове. Спорангії розташовані поодинокі на верхньому боці листків (спорофілів) зібраних на кінці осей у стробіли. Спорофіли плауноподібних можуть не відрізнятися від вегетативних листків, розміщуючись вперемішку з ними, або мати інші розміри і забарвлення і бути зібраними в стробіли.

У життєвому циклі плауноподібних спостерігається чітке чергування поколінь. У плауноподібних, на відміну від мохоподібних, домінує спорофіт. Гаметофіт живе самостійно і представлений таломом різноманітної форми. Він може одно- або двостатевим. Запліднення відбувається лише при наявності вологи, украп часто-рідкому середовищі. Із зиготи розвивається спорофіт, на ньому утворюються спори, утворенню яких передують редукційний поділ. В основу класифікації плауноподібних покладено особливості будови спорофіта.

#### ***Клас Плауновидні, або Лікоподіонциди (Lycopodiopsida).***

Належать вимерлі і сучасні рослини. Вимерлі порядки: Астероксиллові (Asteroxylales) і Протолепідодендрові (Protolapidodendrales).

#### ***Порядок Плаунові (Lycopodiales)***

Спорофіти трав'янисті, багаторічні. Стебло та корінь на мають камбію. Належать рівноспорові плауноподібні (спори однакові за розміром). Спорангії розташовані на спорофілах, звичайно зібраних в стробіли, що нерідко називаються спороносними колосками (термін невдалий і помилковий). Листки без язичків. Гаметофіт двостатевий, у тропічних видів - надземний, однорічний, у форм помірною клімату – підземний, багаторічний, характеризується сапрофітним або напівсапрофітним способом життя. Сперматозоїди дрібні, численні, дводжгутикові. Порядок включає родини Плаунові та Баранцеві.

#### ***Родина Плаунові (Lycopodiaceae)*** має кілька родів.

Рід Плаун (*Lycopodium*) має близько 400 видів, з яких більшість поширені в тропіках і субтропіках, але деякі види мають більш широкі ареали в областях з помірним і холодним кліматом.

Всі плауни надземні або епіфітні багаторічні трав'янисті рослини з прямостоячими, сланкими, звисаючими, повзучими або лазячими пагонами та з додатковими коренями.

**Плаун булавовидний** (*L.clavatum*) поширений в хвойних лісах (частіше в соснових). Багаторічна рослина має сланке дихотомічно розгалужене стебло з висхідними вилами часто-розгалуженими пагонами і дихотомічно розгалуженими коренями. Стебло та гілки густо вкриті дрібними листочками, які розташовані спіралью, вони є сидячими, ланцетними, по краях зубчастими, на верхівці з шилоподібними вістрями. Вздовж листка проходить жилка. Листки зовні покриті епідермісом з продиховим апаратом. Багат шаровий мезофіл складається з клітин з хлорофільними зернами. Їх ряди розділені повітряними порожнинами.

В середині літа у плауна булавовидного з'являються стробіли 2, рідше 1-3. вони розміщуються на верхівках стебел. На осі стробіла черепитчасто розташовані спорофіли, вони плівчасті, значно дрібніші за вегетативні листки, серцеподібні, закінчуються довгим, по краю зубчастим вістрям, при досяганні набувають жовто-золотистого кольору. На верхньому боці біля основи спорофіла на короткій ніжці сидять спорангії, вони ниркоподібні, одногнізні. В них розвивається велика кількість однакових дрібних спор. Спори округло-тетраедричної форми і мають жовте забарвлення та дві оболонки: зовнішня - екзина (екзоспорій) - сітчаста, з потовщеннями на гранях, внутрішня - інтина (ендоспорій) - тоненька. Спори містять до 50 % жирної олії, не змочуються дощовою водою, плаваючи на її поверхні (звідси і назва „плаун”).

Спорангій має трьохшарову оболонку, внутрішній шар якої (тепетум) майже повністю руйнується, вміст його клітин використовується при розвитку спор. Під трьохшаровою оболонкою розміщується археспорій.

Спори з дощовою водою вмиваються в ґрунт і через 5-7 років ті з них, що потрапляють на глибину не більше 8-10 см, проростають, даючи початок статевому поколінню – гаметофіту (заростку). Заросток, покритий епідермісом. Знизу і збоків заростка відходять ризоїди. Над нижнім епідермісом розміщені у 3-5 рядів клітини, які містять гіфи гриба (ендотрофна мікориза). За ними розміщується шар вертикально видовжених клітин (палісадний). Глибше розміщена запасуюча тканина, в клітинах якої накопичується крохмал. Середина заростка зайнята паренхімою тканиною.

Заросток – (гаметофіт) - двостатевий, тобто несе і антеридії, і архегонії. Антеридії повністю занурені в тканини заростка. Архегонії мають типову форму і будову, черевце їх занурене в заросток, а шийка виступає над поверхнею. Після запліднення зигота без періоду спокою проростає, ділиться з однієї клітини формується підвісок, а інша - зародкова. Підвісок більше не ділиться, зародкова клітина багаторазово ділиться і дає початок зародку. У плауна заросток підземний, тому формується ніжка – напівкулеподібне тільце, яке занурюється в тканину заростка і забезпечує живлення зародка.

У сформованого зародка добре помітне стебельце, на якому формується перший листок, біля основи стебельця виникає додатковий корінь. Прориваючи тканину заростка, зародок розвивається далі і утворює молоду рослину.

Родина Баранцеві (Huperziaceae). До неї належить рід Баранець (Huperzia). Єдиний представник нашої флори б. звичайний (H. selago).

Від проростання спор до формування на заростку молодого спорофіта проходить 15- 18 років. Якщо гриб, не стикається із заростком, то останній відмирає на ранніх стадіях розвитку.

Рід плаун налічує біля 300 видів.

**Відділ Хвоцоподібні (Equisetophyta).** Являють собою залишок великої групи вимерлих рослин. До нашого часу зберігся один рід Хвощ (Equisetum), що об'єднує 32 роди, поширені повсюди, крім Австралії та Нової Зеландії. Часто поширені на кислому ґрунті. В флорі України 9 видів: хвощ польовий (E. arvense), хвощ лісовий (E. silvaticum), хвощ болотний (E. palustre), хвощ лучний (E. pratense).

До хвоцоподібних належать трав'янисті (сучасні і вимерлі), дерев'янисті (виключно вимерлі) рослини. Провідні елементи ксилеми - трахеїди, у хвощів є судини.

Родина Хвоцові (Equisetaceae). Рід Хвощ.

Для хвоцоподібних характерна наявність пагонів, складених з чітко виражених члеників (міжвузлів) і вузлів з кільчасторозміщеними листками.

Відділ становить лінію еволюції членисто-стеблових форм, що виникли і розвинулись з риніофітів.

Характерною рисою хвоцоподібних є наявність у них своєрідних структур, що несуть спорангії – *спорангієфорів*. Кільця спорангієфорів або утворюють на стеблі спороносні зони, що чергуються із вегетативними листками, або сидять на кінцях осей, утворюючи чисті (що складаються лише з спорангієфорів або із спорангієфорів і стерильних листків) стробіли. Переважна більшість хвоцоподібних – рівноспорові рослини, і лише деякі, переважно викопні форми, - різноспорові.

Статеве покоління – гаметофіт, або заросток – у нині існуючих хвощів представлено одно- або двостатевими недовговічними дуже маленькими зеленими рослинами, розмірами в кілька міліметрів. На гаметофітах утворюються антеридії і архегонії. В антеридіях розвиваються багатоджгутикові сперматозоїди, в архегоніях – яйцеклітини. Запліднення відбувається при наявності краплинно-рідкої води, із зиготи без періоду спокою виростає нове безстатеве покоління – спорофіт.

Відділ об'єднує 3 класи:

Клас Гієнієві (Hyensopsida). Вимерлі, існували в девоні, не всі ботаніки згодні з віднесенням їх до хвощів.

Клас Клинолистові, або Сфенофілові (Sphenophyllopsida). Викопні рослини. Геологічний вік: пізній девон пермський період.

Клас Хвоцовидні (Equisetopsida). Цей клас поділяють на два порядки: Каламітові і Хвоцові. До першого належать виключно викопні палеозойські форми.

**Порядок Хвоцові (Equisetales).** Трав'янисті рослини. Характерна особливість їх - моноподіальне галуження, мутовчасте розчленування стебла, у вузлах кільцями розташовані також мутовчато розчленовані бічні гілочки.

Листки хвощів редуковані, шилоподібні, розташовані кільцями. Рослини мають кореневище.

Розглянемо особливості будови і життєвий цикл хвощів на прикладі хвоща польового. Навесні з кореневища виростають коричневі, негіллясті, соковиті порожнисті стебла (до 50 см.). На верхівці такого стебла утворюється спороносний колосок – стробіл, він складається з видозмінених листків - спорофілів або спорангіофорів, які мають форму шестикутного щитка з ніжкою в центрі, який має 5-10 мішкоподібних спорангіїв із спорами. Спори хвощів мають своєрідний вигляд. У них є стрічкоподібні вирости (елатери), розширені на кінцях і прикріплені до екзини в одній точці, дуже гігроскопічні, сприяють розсіюванню спор. Спори хвоща морфологічно однакові, але фізіологічно різні (різноспоровість): одні спори проростають в жіночий, інші в чоловічий заросток. На чоловічому заростку утворюються антеридії, в яких розвиваються понад 200 багатоджгутикових сперматозоїдів, на жіночому заростку є архегонії з яйцеклітинами.

Заросток хвоща має вигляд зеленої, багатократно розсіченої пластинки розміром 0,1-0,9 см. Запліднення здійснюється у вологу погоду. Після злиття гамет чоловічий заросток гине, а на жіночому із зиготи утворюється зародок, який розвивається в дорослу рослину - спорофіт.

Після дозрівання і розсіювання спор весняні спороносні пагони гинуть, а влітку на цьому ж кореневищі розвиваються світло-зелені пагони вегетативні, які виконують функцію фотосинтезу.

Таким чином, спорофіт у хвоща польового представлений вегетативним і спороносним пагонами з багаторічним кореневищем. Гамет офітом є заростки з антеридіями та архегоніями – недовговічне покоління. **Відділ Папоротеподібні**

Папоротеподібні належать до найбільш давніх груп вищих рослин. За своєю давністю вони поступаються тільки риніофітам та плауноподібним і мають приблизно один геологічний вік з хвощеподібними. В той час, як риніофіти давно вимерли, а плауноподібні відіграють дуже скромну роль в сучасному рослинному покриві Землі, папоротеподібні продовжують процвітати. Зараз нараховують близько 300 родів та 10 тис видів папоротей. Папороті поширені практично по всій земній кулі і зустрічаються в різній екологічних умовах. Однак, найбільша їх різноманітність спостерігається у вологих тропічних лісах, де вони ростуть не тільки на ґрунті але і як епіфіти.

За своїми розмірами папороті варіюють від тропічних деревовидних форм (до 25 м висотою і до 50 см у діаметрі) до маленьких рослин довшиною до кількох мм.

У папоротей як і у більшості вищих рослин домінуючим поколінням є спорофіт, який ми перш за все спостерігаємо. Майже у всіх папоротей спорофіт багаторічний, лише у небагатьох спеціалізованих форм – однорічний (наприклад: у роду цератоптерис - це водні або болотні папороті). Спорофіт папоротеподібних має корені. Немає їх у деяких гіменофілових та у роду сальвінія, внаслідок редукції. Корені папоротей додаткові, утворюються від стебла, іноді від листків.

Стебла папоротей досить різноманітні. Більшість з них має порівняно слабозвинене стебло, нерідко представлене кореневищем, що переважно знаходиться землі. У багатьох форм стебло повзуче, тонке, але є ряд папоротей з прямостоячим стеблом. Серед них відомі і дерев'янисті форми.

На відміну від хвощеподібних і плауноподібних папороті характеризуються макрофілією – мають великі листки, як правило, дуже розчленовані, рідше цілісні. Наростають верхівкою, що вказує на їх стеблове походження.

Спорангії у папоротей виникають на нижній поверхні листка у великій кількості, рідше вони поодинокі, частіше спорангії зібрані в купки - соруси, одягнуті особливим виростом листка – покривалом, що називається індузієм. Спорангії можуть зростатися між собою в так звані синангії, або містяться в спеціальних утворах – спорокарпіях.

Спорангії виникають або на звичайних вегетативних листках, або на особливих спороносних листках (спорофілах). Спорангії можуть утворюватись з групи клітин листка, як епідермальних, так і субепідермальних. В такому випадку стінка спорангія багат шарова. Такі спорангії притаманні давнім папоротям. В інших папоротей спорангії утворюються з однієї поверхневої клітини і мають одношарову стінку, така будова спорангія властива для більшості сучасних папоротей. Зрілі спорангії відкриваються при допомозі спеціальних пристосувань, що розвиваються на їх стінках (кільця різної будови, групи клітин з нерівномірно потовщеними стінками).

Серед папоротей зустрічаються як рівноспорові, так і різноспорові рослини. При проростанні зі спор розвиваються заростки (гаметофіти). Заростки рівноспорових папоротей зелені, хивляться самостійно, як правило, невеликого розміру, різної форми.

У різноспорових папоротей спостерігається значне спрощення (редукція) заростків, особливо чоловічих, вони мають мікроскопічні розміри. Чоловічі заростки втрачають здатність до самостійного життя і живлення.

Відділ Голонасінні (Сосноподібні) і Загальна характеристика відділу.

Голонасінні – це давня група рослин, яка відома з кам'яновугільного періоду палеозойської ери. У сучасній флорі налічується близько 800 видів. Багато видів вимерло. На території України відомо всього 19 видів, серед яких багато інтродукованих (ввезених з інших місцевостей).

Голонасінні поширені на всіх континентах, але переважно в місцевостях з прохолодним і помірним кліматом. Вони представлені переважно деревами, кущами, рідше здерев'янілими ліанами, трав'янистих рослин серед них немає.

Голонасінні, на відміну від вищих спорових рослин (архегоніат), характеризуються наявністю насінних зачатків, з яких утворюється насіння з зародком. Отже, вони розмножуються насінням, а не спорами. Насінні зачатки – це видозмінені у процесі еволюції макроспорангії, що розвиваються на макроспорофілах (макроспоролистках) відкрито. Звідси і назва „голонасінні”, яка говорить про те, що насіння цих рослин розміщене

відкрито (голо) на насінних лусках у шишках і нічим не захищене. Завдяки утворенню насіння голонасінні переважають над споровими, що дало змогу їм панувати на суші. Усі голонасінні це різноспорові рослини.

У циклі розвитку голонасінних також відбувається зміна поколінь, або зміна ядерних фаз, переважає спорофіт. **Гаметофіт** у них, порівняно з папоротеподібними дуже редукований (до окремих клітин). Чоловічий гаметофіт являє собою пророслу мікроспору (пилочку) і зовсім позбавлений антеридіїв. Сперматозоїди у сучасних голонасінних (крім гінкгових і саговникових) не мають джгутиків і перетворені на спермії. Весь цикл розвитку жіночого гаметофіта і процес запліднення відбувається всередині нуцелуса в насінному зачатку. Жіночий гаметофіт утворюється з макроспори і представлений первинним ендоспермом з 2-5 архегоніями. Після запліднення яйцеклітини з зиготи утворюється зародок, який не залишає оболонки макроспори. Зародок складається з корінця, брунечки і зародкових листочків, або сім'ядолей у кількості від 2 до 15. Із зародка насінини через певний період спокою розвивається нове, спорове покоління (спорофіт).

**Спорофіт** - це сама рослина, стебло якої характеризується моноподіальним галузженням, має камбій і здатне до вторинного потовщення. Деревина займає майже всю масу стовбура і утворена лише трахеїдами, з яких весняні (тонкостінні) – виконують провідну функцію, а осінні (товстостінні) – механічну функцію. Судин у більшості видів немає. Серцевина розвинена слабо, кора дуже тонка. Ситоподібні трубки без клітин супутниць. За розмірами і особливостями будови листків серед голонасінних проявляються дві лінії еволюції – мегафільна, що представлена рослинами з великими розсіченими листками, подібними до листків папоротеподібних і мікрофільна, яка представлена рослинами з дрібними суцільними, лускоподібними або голчастими листками. Анатомічна будова листків складніша, ніж у папоротеподібних. В них добре розвинена стовпчаста паренхіма. Голонасінні за невеликим винятком – вічнозелені рослини. Листки (голки) живуть на деревах 2-5 років, опадають щороку тільки частково.

Відділ Голонасінні поділяють на 6 класів. Два з них представлені виключно викопними формами. Це класи Насінні папороті та Бенетитові. Інші чотири класи представлені як викопними формами, так і видами, що зустрічаються в сучасній флорі планети. Це класи: Саговникові, Гінкгові, Гнетові та Хвойні. Відомий вчений-ботанік А.Л.Тахтаджян розглядає вищевказані класи як відділи, а голонасінні визначає як природну групу рослин, якій не надає певного систематичного значення.

### **Покритонасінні рослини. Родини покритонасінних. ”.**

Відділ квіткових або покритонасінних найбільш різноманітний серед існуючих рослин. Він містить близько 150000 видів, близько 10000 родів і більш 359 родин.

Покритонасінні населяють практично всю сучасну сушу, від крайніх широт Арктики до Антарктики. У Гімалаях на висоті понад 6200 м відомо гвоздична рослина аренаріус. Деяке число видів покритонасінних удруге



перейшло до водного існування, хоча в солоній воді росте усього лише близько 30 видів.

У сучасну геологічну еру покритонасінним належить основна роль у створенні органічної речовини; разом з ними істотно значення в цьому відношенні мають хвойні. Покритонасінні майже усюди, крім хвойних лісів, деяких типів боліт і тундр, визначають характер ландшафту.

Для покритонасінних особливо характерно:

1) наявність маточки, утвореної одним або декількома плодолистиками, що зрослись так, що в нижній частині маточки утворилось замкнуте вмістилище, назване зав'язю, усередині якого міститься насінний зачаток.

2) після запилення і запліднення утворюється насіння, а стінки зав'язі утворюють плід. Насіння виявляється захищеним стінками плоду. Тому квіткові рослини на відміну від інших називаються покритонасінними. Отже, наявність зав'язі і плоду дала підставу для найменування – покритонасінні на відміну від голонасінних, які не дають зав'язі. У покритонасінних рослин є складний по будові орган розмноження – квітка.

Неповторна особливість покритонасінних відкрита в 1898 р. російським ученим С.Г. Навашиним – подвійне запліднення, суть якого полягає в тому, що одна з 2-х чоловічих гамет, що утворюються з генеративної клітини чоловічого заростку і яка доставляється пильцевою трубкою в зародковий мішечок, запліднює яйцеклітину, інша ж зливається з вторинним ядром зародкового мішечка і запліднює його. Утворився ендосперм, що є характерним для покритонасінних. Отже, ендосперм виникає в покритонасінних після запліднення.

Розвиток квітки, її видозміни, поява нектарників, аромату, зв'язок із тваринними розповсюджувачами плодів і насіння – характерні риси покритонасінних.

***Які фактори сприяли розповсюдженню покритонасінних рослин на Землі?***

- 1) Утворення насінного зачатку в середині зав'язі;
- 2) Подвійне запліднення покритонасінних;
- 3) Утворення насінини і плоду;
- 4) Утворення квітки (запилення комахами і т.і.).

***Панівне положення покритонасінних на Землі забезпечили такі риси:***

- 1) Наявність квітки;
- 2) Розміщення насінного зачатку в зав'язі маточки, подвійне запліднення;
- 3) Розвиток плода з зав'язі і розміщення насіння в середині плода.

Питання про час і конкретних предків покритонасінних рослин залишається дотепер невирішеним. Висловилися припущення про зародження їх на межі кам'яновугільного і пермського періодів.

Не менш складне питання про конкретних предків покритонасінних.

З одного боку, які групи рослин дали початок покритонасінним? З іншого боку, які групи покритонасінних найбільш близькі до древніх

предкових форм? Як передбачуваних предків покритонасінних вчені указувалися різні групи древніх голонасінних рослин; бенеттити, ефедрі, насінні папороті.

В даний час покритонасінні рослини займають панівне положення на Землі.

Рослини, що відносяться до групи покритонасінних, дуже різноманітні. Серед них дерева, чагарники, трави. Тривалість життя – різна – від місяця (мокриця) до сотень років (дуб). Розміри (ряска) і евкаліпт (100 м). Листи, форма стебел, форма коренів, зовнішня будова квітки – різні (одні з них запилюються комахами, інші вітром, треті – самозапилюються, але запліднення у всіх однакове). Терміни цвітіння – різні – орішник – навесні, липа – середина літа, хризантеми – восени.

Завдяки здатності до фотосинтезу рослини постійно поповнюють неминучі втрати органічних сполук на планеті, нагромаджують в продуктах фотосинтезу велику кількість хімічної енергії, підтримують необхідний для існування більшості організмів рівень кисню в атмосфері, запобігають нагромадженню в атмосфері надлишку вуглекислого газу.

Рослини відіграють провідну роль у кругообігу мінеральних речовин, який забезпечує безперервне існування життя на Землі, що неможливо без мінерального живлення.

Рослинність істотно впливає на клімат. Вона зв'язує родючі часточки поверхневих шарів ґрунту, запобігає їх змиву та ерозії ґрунтів. Деякі форми рослинності зумовлюють нагромадження води на поверхні землі та сприяють утворенню боліт.

#### **У практиці всі рослини поділяють на групи за їх застосуванням:**

##### **1. Рослини, що використовуються в їжу на корм худобі**

А) хлібні злаки – пшениця, рис, жито, ячмінь, овес, кукурудза, просо. Пшениця – найбільш поширена культурна рослина на земній кулі. Більшість населення Землі харчується пшеничним хлібом. Кількість кукурудзи, що використовується в харчових цілях, у різних країнах неоднакова – вона становить від 2,5 до 100% усього урожаю. Світова продукція зерна, кукурудзи досягає 2 млн. ц. Рис – дуже поширена культура. В наші часи ним харчується половина населення світу. Рисова солома йде на корм худобі, на виготовлення паперу, капелюшок.

Б) овочі – картопля, капуста, морква, буряк, огірки, баклажани тощо.

В) плодові рослини – плоди так само, як і овочі, містять багато сполук, необхідних для життя людини (смородина, агрус, малина, яблуні, груші, сливи, абрикоси, лимони, мандарини, апельсини).

Г) зерно-бобові – горох, квасоля, соя, боби. Ці рослини багаті на білки і мають особливе значення в живленні людини та тварин.

Д) олійні – соняшник, льон, коноплі, грецина, соя.

Е) цукристі рослини – цукровий буряк та тростина.

2. Лікарські рослини – група рослин, що безпосередньо використовується для лікування хвороб людини чи тварин, або є сировиною для хіміко-фармацевтичної промисловості. Зараз медицина використовує

понад 300 видів лікарських рослин. Більшість рослин є дикорослі, їх збирають у лісі, в полі та на луках.

3. *Технічні* – рослини, що використовуються в промисловості

А) волокнисті рослини – група рослин, що дає сировину, придатну для вироблення текстильних виробів, шпагату, канатів. У одних рослин волокна одержують із стебел, у других – з листків, у третіх – з волосків, що укривають насіння.

Б) дубильні речовини – група рослин, що містять у підземних на надземних органах дубильні речовини. Найбільш відомі з них дуб, верба, ялина, кермек та ін..

В) ефіроолійні рослини – група рослин, у різних органах яких утворюються цінні ефірні олії. В Україні промислове значення мають близько 30 видів рослин: коріандр посівний, кмин, аніс, троянда олійна, лаванда справжня, шавлія лікарська. Використовуються ефірні олії у парфумерній, миловарній, лікарській, кондитерській промисловостях.

Д) каучукові рослини група рослин, у тканинах яких утворюється каучук. Їх небагато, серед них є дерева, кущі, трави. Найбільш поширеними є гевея, гвайола, кендир, ваточник.

4. Рослини, з яких утворюється деревина. Деревина використовується не тільки як будівельний матеріал, але і в целюлозно-паперовій, лісо-хімічній промисловості, як паливо. Головні породи дуб, бук, граб, ялина, береза та ін..

5. Декоративні рослини: троянди, жоржини, хризантеми, чорнобривці, петунія та ін.. Це одно , дво і багаторічні рослини, чагарники, ліани закритого ґрунту.

Основними напрямками еволюції квіткових рослин є еволюція квітки, пилку і внутрішня будова стебла. Більшість систематиків поділяють покритонасінні на 2 класи – дводольні і однодольні рослини. 2-дольні мають більш високу організацію, ніж 1-дольні. Усі сучасні системи визнають, що 1-дольні утворилися від 2-дольних у ранньому віці останніх (у передкрейдяному періоді), відокремившись як самостійна велика група. Надалі обидва класи розвивалися незалежно і паралельно.

Значення покритонасінних для людини винятково велико. Усі найважливіші культурні рослини – представники цього відділу. Широке поширення в культурі одержали близько 1000 видів, а всього використовується людиною приблизно 30000 видів покритонасінних, серед них харчові, лікарські, технічні, кормові, меліоративні, для озеленення, декоративні рослини.

З розвитком промисловості по переробці (особливо хімічної) рослинної сировини залучення покритонасінних у коло господарських потреб зростає, що наполегливо висуває завдання глибокого вивчення біологічних особливостей покритонасінних, без чого неможливе введення в культуру цінних видів, попит на які швидко росте і може перевищити природні запаси.

Ознаки дводольних і однодольних рослин.

<b>Ознаки</b>	<b>Дводольні</b>	<b>Однодольні</b>
Коренева система	стрижнева	мичкувата
Зародок насінини	Має дві сім'ядолі, які займають бокове положення відносно осі зародка; запас поживних речовин знаходиться в сім'ядолях.	Зародок має одну сім'ядоллю, яка виконує провідну функцію; запас поживних речовин знаходиться в ендоспермі.
Жилкування	Сітчастонервове та пальчастонервове	Паралельне та дугове
Судинно-волокнисті пучки	+Відкриті; між ксилемою і флоемою є прошарок камбію, клітини якого ділячись потовщують стебло.	Закриті; значного потовщення стебла немає.
Будова квітки	П'яти і чотирьохчленна (у хрестоцвітих)	Тричленна

Дводольні рослини по числу видів на земній кулі в 4-5 разів перевищують 1-дольних. Кількість родин тут також значно більше. 2-дольні рослини нараховують 292 родини і 120000 видів, а 1-дольні – 67 родин і близько 30000 видів.

По кількості видів найбільш багатою є родина складноцвітих (близько 1000), родина бобових (500), маревих – 400. У біохімічному відношенні 2-дольні відрізняються різноманітністю речовин. Цілі великі родини характеризуються синтезом визначеної групи більш складних речовин, наприклад, родина молочайних, складноцвітих мають каучук, родина макових, пасльонових, бобових багаті алкалоїдами, родина бобових – білками.

У практичному відношенні 2-дольні рослини мають більш різноманітне застосування, ніж 1-дольні (за винятком однодольних пальм, кукурудзи). Однак 1-дольні – хліб (пшениця, кукурудза, банан) теж практично важливі.

Крохмаль 2-дольних має величезне харчове значення. Цукор одержують з 1-дольних – цукровий очерет (у тропічному поясі), у помірних широтах – з 2-дольного цукрового буряка.

Кормовими рослинами для тваринництва є однаковою мірою важливі 1-дольні рослини – злаки, і 2-дольні – бобові, але останні дають більш поживну масу, завдяки високому вмісту білків.

Зате у відношенні кормового зерна, злаки мають перевагу (ячмінь, овес, кукурудза).

У відношенні жирних олій, ефірних олій, глікозидів, алкалоїдів, дубильних речовин, кислот текстильних волокон, каучуку, 2-дольні мають незрівнянно велике значення, ніж 1-дольні.

2-дольні – об'єкт овочівництва.

## ТЕМА 8

### ЦАРСТВО ТВАРИН.

#### ПІДЦАРСТВО НАЙПРОСТІШІ. 2 год

#### ЦАРСТВО ТВАРИН

Царство тварин дужерізноманітне, воно саме численне, нараховує близько 2 млн. видів. Тварини, що живуть на Землі, різноманітні по розмірі й формі тіла: це й синій кит, маса якого досягає 150 тис.тонн, і мікроскопічна одноклітинна амеба.

Незважаючи на розходження у формах і розмірах, всі тварини мають загальні ознаки — клітинна будова й здатність до харчування, подиху, росту, розвитку й розмноженню — як інші живі організми, але у тварин є й особливі ознаки, які не властиві іншим організмам

Тварини мають наступні відмінності від рослин і грибів:

харчуються готовими органічними речовинами;

не здатні до фотосинтезу;

переважна більшість тварин здатні переміщатися й робити різні активні рухи

У більшості тварин є системи органів: травна, дихальна, нервова, видільна, опорно-рухова.

Тварини бувають одноклітинні й багатоклітинні.

Багатоклітинні тварини утворюють саму численну групу живих організмів планети, нараховує більше 1,5 млн. нині живучих видів. Однією з найважливіших рис їхньої організації є морфологічне й функціональне розходження кліток тіла. Між клітками в ході еволюції відбувся поділ, що дозволило їм ефективніше виконувати свої функції. Різні тканини об'єдналися в органи, а органи — у відповідні системи органів. Для здійснення взаємозв'язку між ними й координації їхньої роботи утворилися регуляторні системи — нервова й ендокринна. Завдяки контролю за діяльністю всіх систем, багатоклітинний організм працює як єдине ціле.

Багатоклітинні тварини мають більші розміри. Для забезпечення живильними речовинами в них формується травний канал, що дозволяє їм заковтувати великі харчові частки, що поставляють велику кількість енергії. Для їхнього розщеплення з'являються травні залози, що виділяють ферменти. Розвинена опорно-рухова система забезпечила підтримку певної форми тіла, захист і опору для органів, а також активне пересування багатоклітинної тварини в просторі.

Завдяки цій здатності тварини одержали можливість здійснювати пошук їжі, знаходити вкриття й розселятися. Зі збільшенням розмірів організму виникла необхідність у появі систем, що виконують роль доставки живильних речовин і кисню до вилученого від травного каналу й поверхні тіла кліткам і тканинам, а також, що видаляють із них продукти обміну. Так виникають кровоносна, дихальна й видільна системи. Основну транспортну функцію стала грати рідка сполучна тканина — кров. Інтенсифікація дихальної активності йшла паралельно із прогресивним

розвитком нервової системи й органів почуттів. Відбулося переміщення центральних відділів нервової системи в передній кінець тіла, у результаті відокремився головний відділ. Така будова тіла дозволило тварині одержувати інформацію про зміни навколишнім середовищі й адекватно реагувати на них. Багатоклітинні тварини розмножуються в основному статевим шляхом, у примітивних багатоклітинних – вегетативне й безстатеве розмноження. У деяких тварин відбувається партеногенез (одностатеве, незаймане розмноження).

По ознаці відсутності або наявності внутрішнього кістяка, тварини підрозділяються на дві групи: безхребетні й хребетні. Багатоклітинні тварини, як правило, характеризуються симетрією будови тіла. У кишковопорошчатих симетрія радіальна, двостороння симетрія дозволяє тваринам активно прямолінійно рухатися, зберігаючи рівновагу, з однаковою легкістю повертатися вправо, уліво. Самими високоорганізованими тваринами є птахи й ссавці

**Тварини** (лат. *Animalia* або *Metazoa*) царство переважно багатоклітинних еукаріотичних (ядерних) організмів, однією з найголовніших ознак якого є гетеротрофність (тобто, споживання готових органічних речовин) та здатність активно рухатись. До царства тварин не належать рослини та гриби — теж великі (але не єдині) царства еукаріотів. Втім, існує чимало тварин, що ведуть нерухомий спосіб життя, а гетеротрофність властива також грибам і деяким рослинам-паразитам. У клітинах тварин (як і інших еукаріотів) міститься сформоване ядро.

У побуті під словом «тварини» часто розуміють лише чотириногих наземних хребетних (ссавці, плазуни та земноводні). У науці за терміном «тварини» (*Animalia*) закріплено ширше значення (див. вище). Тому кажуть, що до тварин, крім ссавців, належить багато інших організмів: риби, птахи, комахи, павукоподібні, молюски, морські зірки, черви тощо. Людина теж належить до царства тварин, але традиційно розглядається окремо — навіть професійні біологи вживають звороти «тварини і людина» чи «тварини, включаючи людину».

При цьому раніше до цього царства відносили багатьох гетеротрофних найпростіших і ділили тварин на підцарства: **одноклітинні Protozoa** і **багатоклітинні Metazoa**.

Вважається, що тварини походять від одноклітинних джгутикових, а їх найближчі відомі живі родичі — це хоанофлагеляти, комірцеві жгутиконосці, морфологічно подібні до хоаноцитів деяких губок.

Перші викопні рештки тварин належать до кінця докембрію (близько 610 мільйонів років тому). Вони відомі як едіакарська або вендська фауна. Однак їх складно зіставити з пізнішими викопними. Вони могли бути попередниками сучасних груп тварин, незалежними групами або взагалі не тваринами. Найвідоміші типи тварин більш-менш одночасно з'являються під час кембрійського періоду, близько 542 мільйонів років тому. Ця подія, названа кембрійським вибухом, була викликана або швидкою дивергенцією тварин, або такою зміною умов, яка

зробила можливим скам'яніння решток. Однак деякі палеонтологи і геологи припускають, що тварини з'явилися значно раніше, ніж вважалося раніше, можливо, навіть близько мільярда років тому.

На початку тонійського періоду близько 1 мільярда років тому, відзначено скорочення різноманітності строматолітів, що може свідчити про появу нових тварин протягом цього часу. Крім того, сліди скам'янілостей, що належать до цього ж періоду, такі як відбитки й нори, можуть свідчити про наявність хробаків великих розмірів (близько 5 мм завширшки), побудованих як земляні хробаки. Проте дуже схожі відбитки створюються сьогодні велетенськими одноклітинними найпростішими *Gromia sphaerica*, і це ставить під сумнів подальше тлумачення таких відбитків як доказ ранньої еволюції тварин.

**Зоологія** – наука, що вивчає світ тварин та їх взаємозв'язки з навколишнім середовищем. Зоологія являє собою цілу систему наукових дисциплін, кожна з яких має своє завдання і свої об'єкти дослідження.

Протозоологія вивчає одноклітинних тварин,  
гельмінтологія – паразитичних червів,  
карцинологія — ракоподібних,  
арахнологія — павукоподібних,  
ентомологія — комах,  
малакологія — молюсків,  
іхтіологія — риб,  
батрахологія — земноводних,  
герпетологія — плазунів,  
орнітологія — птахів,  
мамаліологія — ссавців.

Сукупність тварин тієї чи іншої території вивчає фауністика.

Морфологія вивчає будову, форму тіла тварин і закономірності формоутворення окремих органів;  
включає анатомію, ембріологію, гістологію, цитологію.

Умови існування тварин і їхні взаємовідносини з навколишнім середовищем вивчає екологія,

поведінку тварин у порівняльному та еволюційному плані — етологія,  
закономірності поширення їх на земній кулі — зоогеографія,  
явища мінливості і спадковості — генетика тварин.

**Методи вивчення тваринних організмів:**

- порівняльно-описовий метод (мікро-, макроскопічні дослідження);
- експериментальний метод (польові та лабораторні експерименти);
- моніторинг;
- моделювання.

Результати дослідів обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.

## ***Систематика тварин***

На сьогодні на Землі налічується майже 45 тисяч видів хребетних і 5-8 мільйонів видів безхребетних тварин, із яких описано тільки 1,5 млн видів.

### **Підцарство Первинні багатоклітинні (Prometazoa)**

Тип Губки (Porifera)

Тип Пластинчасті (Placozoa)

### **Підцарство Справжні багатоклітинні (Eumetazoa)**

#### **Розділ Кишковопорожнинні (Coelenterata)**

Тип Кнідарії (Cnidaria)

Тип Реброплати (Stenophora)

#### **Розділ Двобічно-симетричні (Bilateralia)**

##### **Підрозділ Первиннороті (Protostomia)**

Тип Ацеломорфи (Acoelomorpha)

Тип Прямоплати (Orthonectida)

Тип Дицієміди (Dicyemida)

Тип Плоскі черви (Platyhelminthes)

Тип Немертини (Nemertina)

Тип Черевовійчасті черви (Gastrotricha)

Тип Гнатостомуліди (Gnathostomulida)

Тип Мікрощелепні (Micrognathozoa)

Тип Коловертки (Rotatoria)

Тип Акантоцефали, або Колючоголові черви (Acanthocephala)

Тип Головохоботні (Cephalorhyncha)

Тип Внутрішньопорошицеві (Entoprocta)

Тип Нематоли, або Круглі черви (Nematoda)

Тип Волосові (Nematomorpha)

Тип Цикліофори (Cycliophora)

Тип Молюски (Mollusca)

Тип Сипункуліди (Sipunculida)

Тип Кільчасті черви (Annelida)

Тип Ехіури (Echiura)

Тип Тихоходи (Tardigrada)

Тип Первиннотрахейні (Onychophora)

Тип Членистоногі (Arthropoda)

Тип Фороніди (Phoronida)

Тип Мохуватки (Ectoprocta)

Тип Плечоногі (Brachiopoda)

##### **Підрозділ Вториннороті (Deuterostomia)**

Тип Голкошкірі (Echinodermata)

Тип Щетинкощелепні (Chaetognatha)

Тип Напівхордові (Hemichordata)

Тип Хордові (Chordata)

##### **Підцарство найпростіші, чи одноклітинні (protozoa)**

До підцарству Найпростіші (Одноклітинні) відносять тварин, тіло яких складається з однієї клітки. Морфологічно вони подібні до клітин



багатоклітинних тварин, але фізіологічно відрізняються тим, що крім звичайних функцій клітини (обмін речовин, синтез білка й ін.) вони виконують функції цілісного організму (харчування, рух, розмноження, захист від несприятливих умов середовища). Окремі функції в багатоклітинних організмів виконуються спеціальними органами, а в Одноклітинних функції організму виконують структурні елементи однієї клітини — **органелли**. Таким чином, Найпростіші — це організми на одноклітинному рівні організації.

В даний час відомо більш 39 тис. видів Найпростіших, однак щорічно виявляються десятки і сотні нових видів, що є показником недостатньої вивченості цієї групи тварин. Уперше найпростіші були виявлені голландським вченим А. ван Левенгуком — першим винахідником мікроскопа (1675). Його мікроскопи являли собою сильно збільшують лупи, що давали збільшення в 100 і навіть у 200 разів. Особливо багато найпростіших виявляли в настоях трав (*infusum* — означає «настойка»), тому перше час цих тварин називали «настойковими» чи інфузоріями. Тепер ця назва збереглася лише за однією групою Найпростіших. У першій системі тварин К. Ліннея (1759) Найпростіші були віднесені до одного роду — *Chaos* — класу хробаків. Тільки в XIX в. Келликер і Зибольд їх виділили в самостійний тип (1845). На Міжнародному конгресі протозоологів у 1977 р. була прийнята нова система найпростіших, що відбила останні досягнення науки. Відповідно до нових принципів, опублікованих у 1980 р. (Левайн та ін.), Найпростіші об'єднані у підцарство Одноклітинних і підрозділені на сім типів.

**Загальна характеристика найпростіших.** Найпростіші широко поширені в різних середовищах. Більшість Найпростіших — мешканців морів і прісних вод. Деякі види живуть у вологому ґрунті. Безліч найпростіших паразитують в інших організмах.

Більшість найпростіших — дрібні організми. Їхні середні розміри вимірюються декількома десятками мікрометрів (1 мкм дорівнює 0,001 мм). Самі дрібні Найпростіші — внутрішньоклітинні паразити досягають всього 2—4 мкм, а довжина самих великих видів, наприклад, деяких грегарин, може досягати 1000 мкм.

**Форма тіла** Найпростіших надзвичайно різноманітна. Серед них маються види з непостійною формою тіла такі, як Амеби. Різноманітні типи симетрії зустрічаються серед Найпростіших. Широко поширені форми з радіальною симетрією, наприклад серед радіолярій. Двостороння симетрія спостерігається в деяких Джгутикових, форамініфер, радіолярій. У деяких видів спостерігається метамерія — повторюваність структур по подовжній осі.

**Будівля клітини.** Клітка найпростіших типова для еукариотних організмів і складається з **цитоплазми** й одного чи декількох **ядер**. Цитоплазма обмежена зовні тришаровою мембраною. Загальна товщина мембрани близько 7,5 нанометрів (1 нм =  $10^{-6}$  мм). У цитоплазмі найпростіших розрізняють зовнішній, більш прозорий і щільний шар —

**ектоплазму** і внутрішній, зернистий шар — **ендоплазму**. У ектоплазмі зосереджені всі основні органелли клітки: ядро, мітохондрії, рибосоми, лізосоми, ектоплазматична мережа, апарат Гольджі й ін. Крім того, у Найпростіших маються особливі органелли: опорні, скорочувальні фібрилли, травні і скорочувальні вакуолі й ін.

Ядро покрите двошаровою мембраною з порами. Усередині ядра знаходиться **каріоплазма**, у якій розподілені хроматин і ядерця. Хроматин являє собою деспіралізовані хромосоми, що складаються з ДНК і білків типу гістонів. Ядерця подібні рибосомам і складаються із РНК та білків. Ядра Найпростіших різноманітні по складу, формі, розмірам.

У найпростіших можна виділити особливі функціональні комплекси органелл, що відповідають системам органів і тканин багатоклітинних.

**Покривні й опорні органелли.** Частина видів одноклітинних не має покривних й опорних структур. Клітина таких Найпростіших обмежена лише м'якої цитоплазматичною мембраною. Такі види не мають постійної форми тіла (Амеби). В інших видів мається щільна еластична оболонка — **пелликула**, що утвориться за рахунок ущільнення периферичного шару ектоплазми і наявності в ньому різних опорних фібрилл. У цьому випадку Найпростіші мають визначену форму тіла (Інфузорії, Евглени) і разом з тим вони зберігають гнучкість і можуть згинатися при русі, частково скорочуватися. Інші одноклітинні виділяють зовні панцир з лусочок, що перешкоджає зміні форми тіла (діатомові Джгутикові). Форму тіла додатково можуть підтримувати й інші опорні структури — фібрилли, що утворюють, наприклад у деяких інфузорій, **кортекс**. До опорних утворень відноситься ще і кістяк. Кістяк Найпростіших може бути зовнішнім (черепашка) чи внутрішнім (кістякові капсули, голки). Черепашка виділяється ектоплазмою клітини, і при цьому утвориться позаклітинне утворення, що має захисну функцію. Внутрішній кістяк утвориться в ектоплазмі клітини. Кістякові утворення складаються з органічних і мінеральних речовин. Найчастіше кістяки найпростіших включають карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ) чи оксид кремнію ( $\text{Si}_2$ ), рідше сульфат стронцію ( $\text{SrSO}_4$ ).

**Рухові органелли.** Найбільш примітивним способом руху в найпростіших можна вважати *амебоїдний рух* за допомогою **псевдоподій**. При цьому утворюються особливі виступи клітини, у які перетікає цитоплазма. Такі органелли руху притаманні Одноклітинним з непостійною формою тіла. Більш складний рух властиво Найпростішим, що має в якості органелл руху джгутики чи війки. Будівля джгутика і війки подібна. Кожен джгутик зовні покритий тришаровою цитоплазматичною мембраною. Усередині джгутика маються фібрилли: дві центральні і дев'ять подвійних периферичних. Джгутик кріпиться в цитоплазмі за допомогою базального тельця — **кинетосоми**. Звичайно джгутики роблять обертаючий рух, а війки — гребне. Джгутики властиві Джгутиконосцям, а війки — Інфузоріям. Деякі Найпростіші (сидячі Інфузорії) здатні до швидкого скорочення тіла за рахунок особливих скорочувальних фібрилл — **міонем**.

При несприятливих умовах багато Найпростіших виділяють навколо себе щільну оболонку і перетворюються у **цисту**.

**Типи харчування і трофічні органелли.** За типом харчування Найпростіші різноманітні. Серед них зустрічаються **автотрофи**, які здатні до фотосинтезу (рослинні Джгутикові). У них маються в цитоплазмі хлорофілові зерна, чи **хроматофори**.

Більшість найпростіших **гетеротрофи**, що харчуються як тварини, готовими органічними речовинами. Частина з них володіє **голозойним** способом харчування, проковтуючи тверді грудочки їжі. Інші харчуються **сапрофітним** способом, поглинаючи розчинені органічні речовини. Частиці їжі заковтують амеби, інфузорії. У них у цитоплазмі утворюються травні вакуолі, де відбувається перетравлення їжі. Таке заковтування твердої їжі кліткою одержало назву **фагоцитозу**. При сапрофітному способі харчування травні вакуолі не утворюються. Однак відомо, що багато Найпростіших можуть заковтувати рідину через тимчасове заглиблення у мембрані. Таке поглинання рідини називається **пиноцитозом**.

Деякі види мають змішаний тип харчування (**міксотрофи**). Вони здатні до фотосинтезу, як рослини, і до харчування готовою органічною речовиною, як тварини. У них маються в цитоплазмі хлорофілові зерна, але можуть утворюватися і травні вакуолі. До таким найпростішим зі змішаним типом харчування відносяться, наприклад, Евглени, що харчуються на світлі як рослини, а в темряві як тварини.

**Органелли виділення й осморегуляції.** Виділення й осморегуляція здійснюються у Найпростіших **скорочувальними вакуолями**. Вони маються тільки серед прісноводних форм і відсутні у морських і паразитичних видів, що живуть у ізотонічному середовищі. Скорочувальна вакуоль у найпростішому випадку являє собою пухирець у цитоплазмі, що регулярно заповнюється рідиною, що потім віддаляється назовні через пору в мембрані клітки. Постійне видалення надлишку води з клітки дозволяє регулювати осмотичний тиск у цитоплазмі. Виділення продуктів обміну відбувається в більшості Найпростіших через поверхню клітки, а також через скорочувальну вакуоль, якщо вона мається. Особливих органелл дихання в них немає, і вони поглинають кисень через клітинну мембрану.

**Ядерний апарат** складається з одного чи декількох ядер. Ядра регулюють обмінні процеси кліток Найпростіших і забезпечують розмноження. Ядра найпростіших варіюють за формою, числом, плоідністю, функціям. У деяких багатоядерних Найпростіших розрізняють два типи ядер: **генеративні** і **вегетативні**. Це явище одержало назву **ядерного дуалізму**. Вегетативні ядра регулюють усі життєві процеси в клітці, а генеративні беруть участь у статевому процесі. Ядерний дуалізм характерний для Інфузорій, деяких форамініфер. Ядра найпростіших можуть бути **гаплоїдними** на визначеному етапі життєвого циклу, чи **диплоїдними**, чи **поліплоїдними**.

При безстатевому розмноженні ядра Найпростіших поділяються шляхом **мітозу**. Ядра Найпростіших, для яких відомий статевий процес, перетерплюють **мейоз**.

**Типи розмноження** Найпростіших різноманітні. Їм властиво нестатеве і статеве розмноження. Нестатеве розмноження здійснюється шляхом розподілу клітини на дві чи багато клітин (**агамогамія**) при мітотичному розподілі ядер. Статеве розмноження Найпростіших характеризується утворенням статевих кліток — **гамет (гамогамія)** з їхнім наступним злиттям (**копуляція**), що призводить до формування **зиготи**, з якої розвивається новий дочірній організм. У деяких Найпростіших (Інфузорії) статевий процес (**кон'югація**) відбувається шляхом злиття не гамет, а злиттям генеративних ядер з різних клітин. При процесі копуляції гамети, що зливаються, можуть бути за розмірами і формою (**ізогамія**) чи різними (**гетерогамія**). У випадку різних розходжень між гаметами, коли одна з гамет велика, нерухома, без джгутиків (**оогамета**), а інша дрібних розмірів, із джгутиками, така копуляція одержала назву **овогамії**. При цьому макрогамета (оогамета) прирівнюється до яйцеклітини багатоклітинних, а мікрогамета — до спермію.

**Життєвий цикл Найпростіших** являє собою циклічно повторюваний відрізок розвитку виду між двома однойменними фазами (наприклад, від зиготи до зиготи). Життєвий цикл Найпростіших може характеризуватися тільки нестатевим типом розмноження (від розподілу до розподілу), тільки статевим розмноженням (від зиготи до зиготи), чи чергуванням статевого і нестатевого розмноження (**метагенез**).

**Класифікація.** Відповідно до сучасних концепцій, у протозоології Найпростіші підрозділені на сім типів, найбільш важливі з яких:

Тип Саркомастігофори (Sarcomastigophora) — 25 тис. видів

Тип Апікомплексні (Apicomplexa) — 4800 видів

Тип Мікроспоридії (Microspora) — 800 видів

Тип Міксоспоридії (Мухозоа) — 875 видів

Тип Інфузорії (Ciliophora) — 7500 видів

В основу підрозділу Найпростіших на типи покладені принципи будови їхнього ядерного апарата, органелл руху, ряду мікроструктур, типів розмноження і життєвих циклів.

Так, Саркомастігофори характеризуються наявністю органелл руху: джгутиків і псевдоподій, ядрами одного типу (за рідкісними винятками), статевим процесом (якщо він мається) за типом копуляції.

Апікомплексні, як винятково паразитична група Найпростіших, мають особливий комплекс органелл на передньому (апикальному) кінці молодих кліток для проникнення в клітку хазяїна. У них відсутні органелли руху, а джгутики маються тільки в чоловічих гаметах. У більшості спостерігається статевий процес — копуляція, і в багатьох утворюються з зиготи **ооциста** із молодими паразитами — **спорозоїтами**.

Мікроспоридії — внутрішньоклітинні паразити, що утворюють одноклітинні суперечки з амебоїдним зародком — **споробластом** і з однією полярною ниткою, згорнутої спіралью усередині спори. При вистрелюванні

полярної нитки амебоїдний зародок по каналі нитки попадає в клітку хазяїна. Потім у зародку відбувається **автогамія** — злиття ядер.

Міксоспоридії — тканинні паразити тварин, що мають форму плазмодія з багатьма ядрами. У них спостерігається ядерний дуалізм. Вони утворюють багатоклітинні перетинки з декількома полярними капсулами, у кожній з яких знаходиться згорнута спірально полярна нитка, статевий процес — **автогамія**.

Інфузорії пересуваються за допомогою органелл руху — війок чи їхніх похідних; мають ядерний дуалізм. Статевий процес здійснюється за допомогою **кон'югації**.

## ТЕМА 9

### ПІДЦАРСТВО БАГАТОКЛІТИННІ. ТИП ГУБКИ ТА КИШКОВОПОРОЖНИННІ.

#### Характерні ознаки багатоклітинних тварин

*Багатоклітинні організми (Metazoa) – це організми, які складаються із сукупності клітин, групи яких спеціалізуються на виконанні певних функцій, утворюючи якісно нові структури: тканини, органи, системи органів. У більшості випадків завдяки такій спеціалізації окремі клітини не можуть існувати поза організмом. Підцарство Багатоклітинні налічує близько 30 типів. Організація будови та життєдіяльності багатоклітинних тварин відрізняється багатьма ознаками від організації одноклітинних.*

■ У зв'язку з появою органів, формується *порожнина тіла* – простір між органами, який забезпечує їх взаємозв'язок. Порожнина може бути первинною вторинною і змішаною.

■ У зв'язку з ускладненням способу життя формується *радіальна (променева) або двобічна (білатеральна) симетрія*, що дає підстави поділяти багатоклітинних тварин на радіальносиметричних та двобічносиметричних.

■ Із зростанням потреб у їжі виникають ефективні засоби переміщення, які дозволяють проводити активний пошук їжі, що зумовлює появу *опорно-рухової системи*.

■ Багатоклітинним тваринам потрібно набагато більше їжі, ніж одноклітинним, і тому більшість тварин переходить до живлення твердою органічною їжею, що зумовлює виникнення *травної системи*.

■ У більшості організмів зовнішні покриви непроникні, тому обмін речовин між організмом і середовищем відбувається через обмежені ділянки його поверхні, що зумовлює виникнення *дихальної системи*.

■ Із збільшенням розмірів з'являється *кровоносна система*, яка розносить кров завдяки роботі серця або пульсуючих судин.

■ Формуються *видільні системи* для виведення продуктів обміну

■ Виникають регуляторні системи – *нервова та ендокринна*, які координують роботу всього організму.

■ У зв'язку з появою нервової системи з'являються нові форми подразливості – *рефлекси*.

■ Розвиток багатоклітинних організмів з однієї клітини – це тривалий і складний процес, у зв'язку з чим ускладнюються життєві цикли, які неодмінно будуть включати ряд стадій: *зигота – зародок – личинка (маля) – молода тварина – доросла тварина – статевозріла тварина – старіюча тварина – померла тварина*.

Багатоклітинні характеризуються тілом з безлічі клітин, диференційованих за формою й функціями. Характерна особливість — складний індивідуальний цикл розвитку, у процесі якого із заплідненої яйцеклітини (при партеногенезі — з незаплідненої ний) утворюється дорослий організм. Серед сучасних багатоклітинних виділяють дві великі групи: променисті, або двошарові, і двосторонньосиметричні, або тришарові. Окремо стоять найбільш примітивні багатоклітинні — пластинчасті й губки.

Для променистих характерні кілька площин симетрії й радіальне розташування органів навколо головної осі тіла. У тілі променистих існує одна головна вісь симетрії, навколо якої в радіальному порядку розташовуються органи тварин. Від числа повторюваних органів залежить порядок симетрії. Через тіло променистої тварини можна провести кілька площин симетрії (2, 4, 6, 8). У процесі онтогенезу в них утворюються лише два чітко виражених шари клітин: ектодерма й ентодерма, тоді як третій зародковий листок перебуває в зародковому стані й представлений желеподібною речовиною - мезоглеєю. До променистих відноситься тип кишковопорожнинні.

Двосторонньосиметричні володіють однією площиною симетрії, з обох сторін якої розташовуються різні органи. Крім ектодерми й ентодерми в цих тварин завжди є третій зародковий листок (мезодерма), за рахунок якого розвивається значна частина внутрішніх органів.

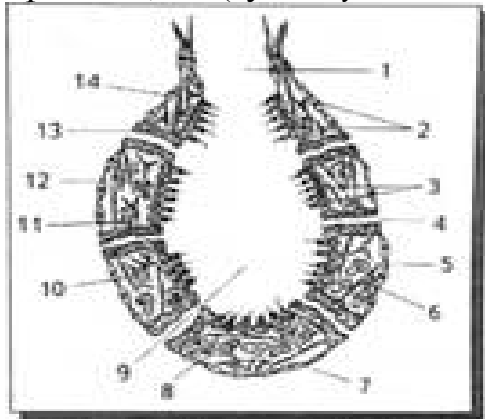
### **Загальні ознаки будови й життєдіяльності представників типу Губки**

*Губки* – багатоклітинні двошарові радіально- або асиметричні тварини, тіло яких пронизане порами. До типу належить близько 5000 видів прісноводних і морських губок. Переважна більшість цих видів населяє тропічні та субтропічні моря, де зустрічаються на глибинах до 500 м. Проте, серед губок трапляються і глибоководні форми, яких знаходили на глибині 10 000 – 11 000 м (наприклад, *морські йоржсики*). У Чорному морі мешкає 29 видів, у прісних водоймах України – 10 видів. Губки належать до найпримітивніших багатоклітинних організмів, оскільки в них тканини й органи чітко не виражені, хоча клітини виконують різноманітні функції. Головною причиною, що перешкоджає масовому розповсюдженню губок, є відсутність відповідного субстрату. Більшість губок не можуть жити на мулистому дні, оскільки частинки мулу закупорюють пори, що призводить до загибелі тварини. Великий вплив на поширення мають солоність і рухливість води, температура. Найзагальнішими ознаками губок є: 1) наявність пор у стінках тіла; 2) відсутність тканин і органів; 3) наявність скелета у вигляді голок або волокон; 4) добре розвинена регенерація та ін.

Із прісноводних форм найпоширеніша *губка-бодяго* (*Spongilla lacustris*), яка живе на кам'янистих ґрунтах водойм. Зелений колір обумовлений наявністю в протоплазмі їхніх клітин водоростей.

### **Особливості будови**

**Тіло** багатоклітинне, має стебельчасту, куцисту, циліндричну, лійкоподібну форму, але найчастіше у вигляді мішка чи келиха. Губки ведуть прикріпленний спосіб життя, тому в їхньому тілі знизу є *основа* для прикріплення до субстрату, а зверху – отвір (*вустя*), який веде до *атріольної (парагастральної) порожнини*. Стінки тіла пронизані безліччю пор, крізь які вода надходить у цю порожнину тіла. Стінки тіла утворені з двох шарів клітин: зовнішнього – *пінакодерми* та внутрішнього – *хоанодерми*. Між цими шарами є безструктурна драглиста речовина – *мезогля*, у якій містяться різні клітини. Розміри тіла губок – від кількох міліметрів до 1,5 м (губка кубок Нептуна).



Будова губки: 1 – вустя; 2 – пінакодерма; 3 – хоанодерма; 4 – пора; 5 – мезогля; 6 – археоцит; 7 – основа; 8 – трьохосна гілка; 9 – атріальна порожнина; 10 – спікула; 11 – амебоцит; 12 – коленцит; 13 – пороцит; 14 – пінакоцит

### Різноманітність клітин губок та їх функції

Клітини	Розташування	Функції
Пінакоцити	Пінакодерма	Плоскі клітини, які утворюють покривний епітелій
Пороцити	Пінакодерма	Клітини з внутрішньоклітинним каналом-порою, що здатні скорочуватися і відкривати чи закривати його
Хоаноцити	Хоанодерма	Циліндричні клітини з довгим джгутиком, які створюють потік води і здатні поглинати поживні часточки та передавати їх в мезоглею
Коленцити	Мезогля	Нерухомі зірчасті клітини, які є сполучнотканинними опорними елементами
Склероцити	Мезогля	Клітини, з яких розвиваються скелетні



		утворення губок – спікули
Міоцити	Мезоглея	Клітини, що з'єднуються між собою за допомогою відростків і забезпечують деяке скорочення тіла губок
Амебоцити	Мезоглея	Рухливі клітини, які здійснюють перетравлення їжі та рознесення поживних речовин по тілу губки
Архецити	Мезоглея	Резервні клітини, які здатні перетворюватися в усі інші клітини і давати початок статевим клітинам

Особливості організації губок зводяться до трьох основних типів:

- *аскон* – тіло з парагастральною порожниною, яка вистилається хоаноцитами (у вапнякових губок);
- *сикон* – тіло з потовщеними стінками, у які випинаються ділянки парагастральної порожнини, утворюючи джгутикові кишеньки (у скляних губок);
- *лейкон* – тіло з товстими стінками, у яких розрізняють невеликі джгутикові камери (у звичайних губок).

**Покриви.** Тіло вкрите плоским епітелієм, утвореним пінакоцитами.

**Порожнина** тіла називається *парагастральною* і вистилається хоаноцитами.

**Особливості процесів життєдіяльності**

**Опора** забезпечується скелетом, що може бути вапняковим (спікули з  $\text{CaCO}_3$ ), кремнієвим (спікули із  $\text{SiO}_2$ ) або роговим (з колагенових волокон і речовини спонгину, яка містить значну кількість йоду).

**Рух.** Дорослі губки не здатні до активного руху і ведуть прикріпленій спосіб життя. Якись незначні скорочення тіла здійснюються завдяки міоцитам, які таким чином можуть реагувати на подразнення. До переміщень всередині тіла завдяки псевдоподіям здатні амебоцити. Личинки губок, на відміну від дорослих особин, здатні енергійно переміщуватися у воді завдяки узгодженій роботі джгутиків, які в більшості випадків майже повністю вкривають поверхню тіла.

**Живлення** у губок пасивне і здійснюється за допомогою безперервного потоку води крізь тіло. Завдяки ритмічній роботі джгутиків *хоаноцитів* вода надходить у пори, потрапляє в парагастральну порожнину і через вустя виводиться назовні. Завислі у воді відмерлі залишки тварин і рослин, а також мікроорганізми захоплюються хоаноцитами, передаються амебоцитам, де перетравлюються і розносяться ними по всьому тілу.

**Травлення** в губок внутрішньоклітинне. Захоплення амебоцитами поживних частинок відбувається шляхом фагоцитозу. Неперетравлені залишки викидаються в порожнину тіла та виводяться назовні.

**Транспортування речовин** усередині тіла здійснюється амебоцитами.

**Дихання** відбувається всією поверхнею тіла. Для дихання використовується розчинений у воді кисень, який поглинається всіма клітинами. Вуглекислий газ також виводиться в розчиненому стані.

**Виділення** неперетравлених решток та продуктів обміну відбувається разом із водою через вустя.

**Регуляція процесів** здійснюється за участю клітин, які здатні скорочуватися або здійснювати рухи – пороцитів, міоцитів, хоаноцитів. Інтеграція ж процесів на рівні організму майже не розвинена.

**Подразливість.** Губки дуже слабо реагують навіть на найсильніші подразнення, а передавання їх від однієї ділянки до іншої майже непомітна. Це свідчить про відсутність у губок нервової системи.

**Розмноження** нестатеве і статеве. Нестатеве розмноження здійснюється зовнішнім і внутрішнім брунькуванням, фрагментацією, поздовжнім поділом та ін. У разі зовнішнього брунькування дочірня особина утворюється на материнській і містить, як правило, усі види клітин. У поодиноких форм брунька відокремлюється (наприклад, у *морського апельсина*), а в колоніальних – зберігає зв'язок з материнським організмом. У *губки-бодяги* та в інших прісноводних губок, крім зовнішнього, спостерігається й внутрішнє брунькування. У неї в другій половині літа при зниженні температури води з археоцитів утворюються внутрішні бруньки – *гемули*. На зиму тіло бодяги відмирає, а гемула опускається на дно і, захищена оболонкою, перезимовує. Весною з неї розвивається нова губка. Унаслідок фрагментації тіло губки розпадається на частини, кожна з яких за сприятливих умов дає початок новому організму. Статеве розмноження відбувається за участю гамет, які утворюються з археоцитів у мезоглеї. Більшість губок – гермафродити (іноді роздільностатеві). У разі статевого розмноження зрілий сперматозоїд однієї губки виходить з мезоглеї через вустя і з потоком води потрапляє в порожнину іншої, де за допомогою амебоцитів доставляється до зрілої яйцеклітини.

**Розвиток непрямий** (з перетворенням). Дроблення зиготи та формування личинки відбувається, здебільшого, усередині материнського організму. Личинка, яка має джгутики, виходить через вустя в навколишнє середовище, прикріплюється до субстрату й перетворюється на дорослу губку.

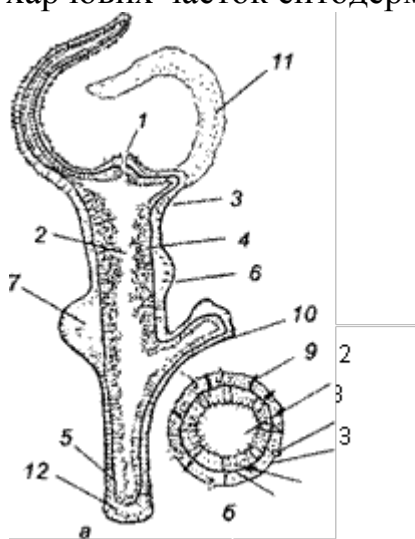
**Регенерація** добре розвинена. Губки мають дуже високий рівень регенерації, що забезпечує відтворення цілого самостійного організму навіть з найменшого шматочка тіла губки. Для губок властивий і *соматичний ембріогенез* – формування, розвиток нової особини із клітин тіла, не пристосованих для розмноження. Якщо пропустити губку через сито, то можна отримати фільтрат, який містить живі відокремлені клітини. Ці клітини зберігають життєдіяльність декілька днів і за допомогою

псевдоподій активно переміщуються та збираються в групи. Ці групи через 6-7 днів перетворюються в маленькі губки.

### ТИП КИШКОВОПОРОЖНИННІ

Включає нижчих багатоклітинних тварин (більше 9 тис. видів). Кишквопорожнинні ведуть водний спосіб життя (у морях). Серед них є вільноплаваючі й прикріплені до дна форми.

Тіло циліндричної форми (у гідри) або сплющено в напрямку головної осі (медузи). Ротовий отвір, оточений щупальцями, веде в сліпо замкнуту травну порожнину. Неперетравлені залишки їжі віддаляються через ротовий отвір. Поряд з порожнинним зберігається внутрішньоклітинне перетравлення харчових часток ентодермою (фагоцитарні клітини).



Прісноводний поліп — гідра:

а — поздовжній розріз; б — поперечний розріз;

1 — ротовий отвір; 2 — кишкова порожнина; 3 — ектодерма; 4 — ентодерма; 5 — мезоглея; 6 — горбок зі сперматозоїдами; 7 — горбок з яйцеклітиною; 8 — жалка клітина; 9 — нервова клітина; 10 — «брунька»; 11 — щупальце; 12 — підошва

Стінка тіла утворена двома шарами клітин: ектодермою, що виконує покривну й рухову функції, і ентодермою, клітини якої постачені джгутиками й виконують травну функцію. Ектодерма й ентодерма розділені безструктурною мезоглеєю.

Характерна риса кишквопорожнинних - наявність жалких клітин в ектодермі.

У кишквопорожнинних уперше з'являється дифузійна нервова система, що складається з розкиданих нервових клітин, з'єднаних відростками й утворюючих нервову сітку.

Подих здійснюється всією поверхнею тіла.

Розмноження статеве й безстатеве. Гамети виводяться у воду, запліднення зовнішнє. Роздільностатеві, зустрічаються й гермафродити. Живуть у вигляді окремих особин або утворюють колонії.

***Тип кишковопорожнинних включає класи:***

Гідроїдні – гідра ,  
Сцифоїдні – медузи,  
Коралові поліпи.

Відомі нам гарні корали — це кістяк коралових поліпів. Поліпи — схожі на гідру істоти, які будують для себе вапняний кістяк. У деяких цей кістяк містить у собі з'єднання заліза, які забарблюють його в гарний червоний колір. Коралові поліпи живуть у морі.

***Значення кишковопорожнинних***

Утворення кораловими поліпами рифів  
Корали очищують воду  
Попередження шторму – «вухо медузи»

Біологічне значення кишковопорожнинних велике також у зв'язку з їхнім місцем у ланцюгах живлення.

Кишковопорожнинні є також об'єктами промислу. Засолених медуз використовують як їжу. Їхній промисел має місцеве значення, в основному в Японії та Китаї.

Чорний та червоний корали використовуються в ювелірній промисловості.

Коралові вапняки — прекрасний будівельний матеріал. Окрім того, з них отримують вапно.

Деякі гідроїдні поліпи добувають з метою отримання біологічно активних речовин для медицини

## ТЕМА 10

### ТИПИ ПЛОСКІ, КРУГЛІ ТА КІЛЬЧАСТІ ЧЕРВИ. 2год.

#### Тип Плоскі черви

**Плоскі черви** (Platyhelminthes) — тип двобічно-симетричних тварин.

Загальна характеристика типу:

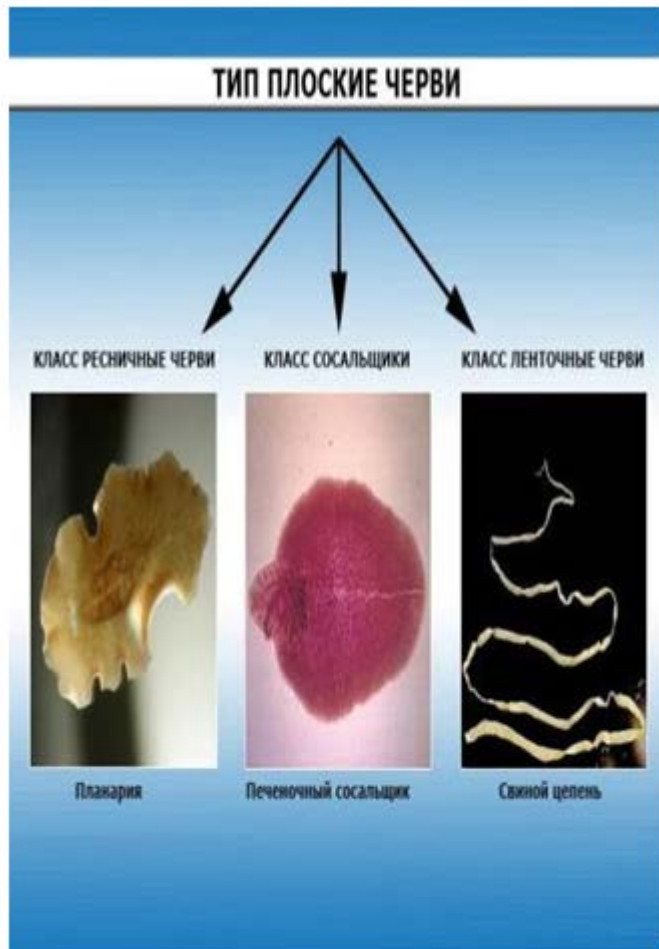
- Тришарові багатоклітинні тварини
- Двобічна симетрія тіла
- Несегментовані
- Ацеломічні (паренхімні)
- Центральна нервова система на передньому кінці; дуже проста нервова сітка; ганглії
  - Органи чуття: світлочутливі вічка, органи рівноваги (статоцисти) нюху, дотику (*сеніли* — нерухомі війки, до яких підходять нервові закінчення) — розвинені переважно у видів, що живуть вільно.
  - Видільна система утворена розгалуженими трубочками, які закінчуються полум'яними клітинами (протонефриді)
  - Сплющені в дорсовентральному напрямку.
  - Ротовий отвір і сліпо замкнутий травний канал, диференційованій на два відділи — глотку і розгалужений кишечник.
  - Гермафродити, статева система добре розвинена. Запліднення внутрішнє, може бути перехресне або самозапліднення.
  - Звичайно є личинкові стадії (у паразитичних) — непрямий розвиток. А у вільноживучих — прямий.
  - Є шкірно-м'язовий мішок.
  - Дихальна система відсутня. Кисень надходить до клітин через покриви тіла.

Плоскі черви живуть у прісних і морських водоймах, у вологій підстилці тропічних лісів, ведуть паразитичний спосіб життя. Для них характерне плоске двобічно-симетричне листоподібне або стрічкоподібне тіло. За рівнем організації плоскі черви стоять дещо вище кишковопорожнинних. У них є покривна, м'язова, травна, видільна, нервова, статева системи органів, що розвиваються з трьох зародкових листків (ектодерми, ентодерми, мезодерми).

Відомо близько 15 тис. видів плоских червів. Найчисельнішими є класи Турбеларії, Трематоди і Цестоцисти.

Вільно існуючі плоскі черви — переважно хижаки. Паразитуючі черви живляться або шляхом всмоктування живильних речовин за допомогою ротової присоски, або вбирають їх всією поверхнею тіла осмотичним шляхом.

Вільно існуючі плоскі черви пересуваються поповзом або вплав. Цьому сприяють шкірно-м'язовий мішок і війки. Паразитуючі черви при пересуванні можуть користуватися присосками (пересуваються за типом гусениці-землеміра). Стрічкові черв'яки використовують перистальтику шкірно-м'язового мішка. Плоскі черви є першими двосторонньо-симетричними тваринами.



ПЛАНАРИИ або ТРЕХВЕТВИСТОКИШЕЧНЫЕ ТУРБЕЛЛЯРИИ (1-7), и ПРЯМОКИШЕЧНЫЕ ТУРБЕЛЛЯРИИ (8)

### Тип Круглі черви або Нематоди

Тип налічує близько 20 тис. видів, вільноживучих і паразитичних, що включають морські, прісноводні та ґрунтові форми. Еволюційні особливості будови:

- 1) втрата паренхіми й поява первинної порожнини тіла — щілини між внутрішніми органами і стінкою тіла, заповненою рідиною;
- 2) диференціювання м'язової тканини на окремі тяжі поздовжніх м'язів;
- 3) поява задньої кишки, що відкривається назовні задньопротидним (анальним) отвором.

Тіло **нематод** кругле в поперечному зрізі. Стінка тіла складається з еластичної та щільної кутикули, яка виділяється клітинами епітелію і м'язів. Уздовж тіла тягнуться чотири поздовжні м'язові тяжі.

Нервова система розвинена сильніше, ніж у плоских червів. Спостерігається концентрація нервових вузлів біля переднього кінця тіла й утворення так званого навкологлоткового нервового кільця. Від нього відходять поздовжні нервові стовбури, сполучені перетинками. У багатьох нематод розвинені органи дотику, хімічного чуття.

Травна система наскрізна і ділиться на три відділи: передню, задню і середню кишку. У деяких паразитичних нематод розвивається позакишкове травлення, за якого ферменти виводяться в зовнішнє середовище, а напіврідка харчова кашка поглинається за допомогою спеціально пристосованого ротового апарату.

Система виділення нематод двох типів: канали виділень, що тягнуться уздовж всього тіла, і особливі клітини, що виділяють розчинні продукти обміну на поверхню тіла.

Круглі черви роздільностатеві. Самці мають сім'яники, сім'явивідні протоки і копулятивний орган; самки — яєчники і яйцепроводи. Чоловічі гамети не мають джгутиків, пересуваються амебоїдними рухами, тому одержали назву спермії.

**Людська аскарида** паразитує в тонкому кишечнику людини. Довжина тіла самок досягає 40 см, самців — 25 см.

Запліднені яйця виводяться назовні з калом — для їх розвитку обов'язково потрібен кисень. На повітрі розвивається личинка, яка для подальшого розвитку повинна потрапити в організм людини. Зараження відбувається через їжу, на яку яйця паразита можуть бути занесені мухами, тарганами. У тонкому кишечнику людини личинки звільняються від оболонки яйця, проникають у кровоносну систему, по ній — у капіляри легень, далі — в альвеоли, бронхи, глотку. Потім повторно заковтуються і знову потрапляють у тонкий кишечник, де перетворюються на дорослих аскарид. Таким чином, у життєвому циклі аскариди, як і більшості нематод, є тільки один хазяїн.



**Гострик** паразитує в прямій кишці людини, головним чином у дітей. Він живиться вмістом кишки й бактеріальною флорою. Для дозрівання запліднених яєць необхідний кисень, тому самка ночами виповзає крізь анальний отвір назовні, відкладає яйця, що викликає свербіж у ділянці промежини. Яйця з личинками, що розвиваються в них, залишаються під нігтями дитини і легко потрапляють до рота, досягають товстого кишечника і перетворюються на дорослі особини.

### Кільчасті черви

**Кільчасті черви** або **аннеліди** або **кільчаки́** (Annelida, від лат. *annelus* — «кільце») — тип відносно високоорганізованих червів, що складається з близько 15 тисяч видів. Вони мешкають в більшості вологих середовищ, включаючи наземні, прісноводні і морські, містять багато паразитичних та мутуалістичних видів. Мають розміри від менше міліметра до понад 3 метрів (*Lamelibranchia*).

Целом у них поділений перегородками на сегменти, які представлені як зовнішні кільця (звідки і назва типу), відсутній або спрощений у деяких п'явок і первинних аннелід. Із сегментацією тіла пов'язана метамерія (сегментація) внутрішніх органів — нервової, видільної та кровоносної систем. Завдяки перегородкам, аннеліда при пошкодженні втрачає лише певні сегменти тіла.

Тіло кільчастих червів двобічносиметричне, у поперечному розрізі кругле. Воно почленоване на велику кількість сегментів (до 900); зовнішня сегментація збігається з розташуванням поперечних перегородок усередині тіла. У кожному сегменті повторюються певні деталі будови (щетинки, нервові вузли, органи виділення). Розміри варіюють від 0,5 мм до 3 м. Кільчасті черви — тризародковошарові організми. Шкірно-м'язовий мішок у них розвинений краще, ніж у плоских і круглих червів. Він складається з одного шару епітелію та двох шарів м'язів: кільцевих та поздовжніх. Завдяки кільцевим м'язам тіло подовжується і стає тоншим, завдяки поздовжнім — укорочується і потовщується. У рухах беруть участь і допоміжні придатки —



щетинки, які розташовані поодинокі або пучками правильними поздовжніми рядами. Характерною особливістю типу є наявність вторинної порожнини тіла. Від первинної порожнини тіла вона відрізняється тим, що має власні стінки, вистелені особливим епітелієм, який відділяє порожнину тіла від оточуючих тканин та органів.

**Травна система:** кільчастих червів складається з ротової порожнини, глотки, стравоходу і кишечника, який закінчується анальним отвором. У дощових черв'яків є волю (розширення стравоходу). Перетравлювання їжі відбувається в кишечнику.

**Кровоносна система:** У зв'язку з ускладненням будови та збільшенням активності у кільчастих червів уперше з'являється кровоносна система замкнутого типу, тобто кров не виливається в порожнину тіла. Кровоносна система забезпечує транспортування поживних речовин і газів та здійснює захист.

**Дихальна система:** дихання здійснюється через усю поверхню шкіри, багату на кровоносні судини. Спеціальні органи дихання — зябра (вирости шкіри) — мають тільки деякі морські кільчасті черви.

**Видільна система:** представлена парними трубочками (метанефридіями) в кожному сегменті тіла.

**Нервова система:** у кільчастих червів — вузлового типу, але складніша, ніж у плоских та круглих червів. Вона представлена навкологлотковим кільцем, черевним нервовим ланцюжком та нервами, що відходять до різних органів. У кільчастих червів добре розвинені органи чуттів. У багатьох є очі; органи слуху побудовані за принципом локаторів; наявні також смакові рецептори та нюхові клітини.

**Розмноження:** за способом розмноження кільчасті черви як роздільностатеві, так і гермафродити. Дощові черви — гермафродити, але запліднення у них перехресне. Морські черви — роздільностатеві тварини. Запліднення яєць відбувається у воді. У дощового черв'яка розвиток прямий, а у деяких представників типу (нереїда) зі заплідненого яйця утворюється личинка (розвиток з перетворенням). У всіх представників типу добре виражена регенерація.

До типу Кільчасті черви належать класи: Малощетинкові черви, Багатощетинкові черви, П'явки. Представниками малощетинкових червів є дощовий черв'як, трубочник; багатощетинкових — піскожил, nereїда; п'явок — несправжньоокінська, медична п'явка.

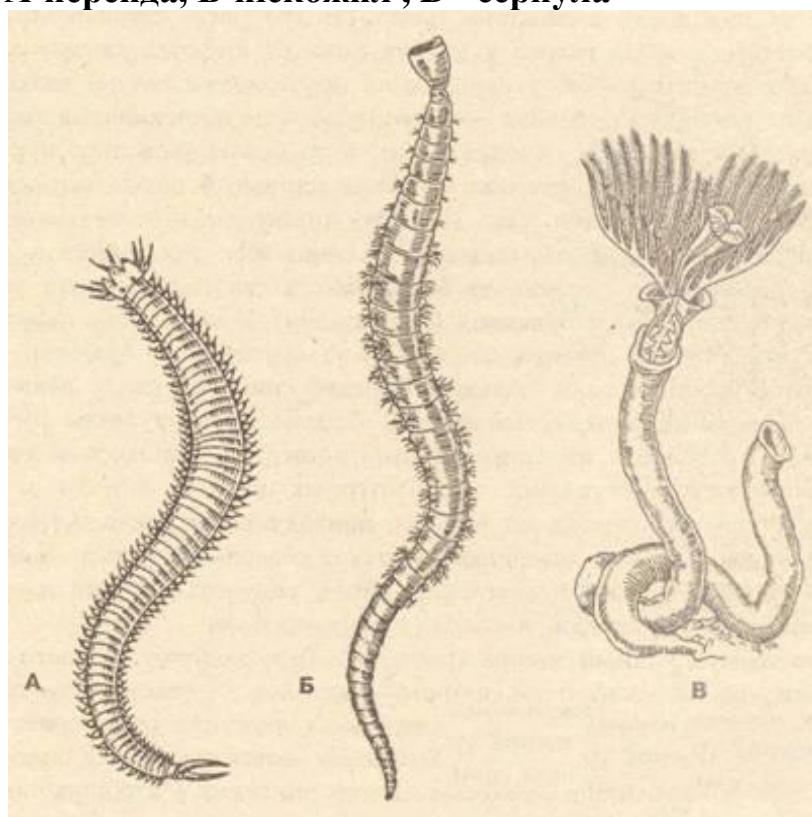
Кільчасті черви мають велике значення для кругообігу речовин у природі. Nereїди є основою живлення багатьох промислових риб, крабів, а звичайний трубочник — гарний корм для акваріумних риб та деяких прісноводних риб. Дощові черви відіграють величезну роль у процесах ґрунтоутворення. Вони збагачують ґрунт на перегній та розпушують його, сприяючи проникненню в нього повітря й води. Ще Ч. Дарвін відзначав корисний вплив кільчастих червів на родючість ґрунту. Деякі п'явки завдають великої шкоди риbam, птахам і ссавцям. Медична п'явка

використовується для лікування багатьох захворювань та як об'єкт лабораторних експериментів.

### Дощовий черв'як



А-нерида, Б-піскожил , В - серпула



П'явка медична



Тип Молюски

Поділяється:

- 1) Черевоногі;
- 2) Двостускові;
- 3) Головногі;

У ставках, озерах і тихих затонах річок на водяних рослинах завжди можна побачити чималого слимака – ставковика великого. Його тіло вкрите спіралью закрученою ( на 4 – 5 обертів ) черепашкою з гострим верхом і широким отвором устям. Черепашка захищає м'які частини тіла молюска, із середини до неї прикріплюються м'язи. Черепашка складається з вапняку і покрита шаром зеленкувато- коричневої рогоподібної речовини.

Тіло ставковика поділяється на три основні частини: тулуб, голову і ногу, але вони різко не розмежовані. Через устя черепашки може висуватися тільки голова, передня частина тулуба і нога.

Нога в ставковика м'язиста. Коли на її підшві м'язи хвилясто скорочуються, молюск пересувається. Нога в ставковика міститься на черевній частині тіла (звідси назва класу – черевоногі ).

Тулуб має таку саму форму, як і черепашка. Він щільно прилягає до її внутрішньої поверхні. Зовні тулуб покритий складкою шкіри – мантиєю.

Спереду тулуб переходить у голову. На її нижній частині міститься рот, а з боків – двоє чутливих щупалець. Якщо доторкнутися до них, молюск швидко втягує голову й ногу в черепашку. Біля основи обох щупалець є по одному оку.

Молюск живиться водяними рослинами. У роті в нього є м'язистий язик, покритий твердими зубчиками. Час від часу ставковик висуває язик, зіскрібає ним, як терткою, м'які частини рослин і ковтає їх. Через глотку та стравохід їжа надходить у шлунок, а потім – у кишку. Кишка петлеподібно вигинається всередині тулуба й закінчується на його правому боці, біля краю мантиї, анальним отвором.

Ставковик має печінку – травну залозу, клітини якої виробляють травний сік.

Хоча ставковик живе у воді, він дихає киснем атмосферного повітря. Щоб дихати молюск підіймається до поверхні води і відкриває з правого боку тіла біля краю черепашки круглий дихальний отвір, який веде до особливої кишені мантиїлегені. Стінки легені густо обплетені кровоносними судинами. Тут кров збагачується киснем, і виділяється вуглекислий газ. Молюск підіймається на поверхню води для дихання 7 – 9 разів на годину.

Поряд з легеню є м'язисте серце, яке складається з двох камер – передсердя і шлуночка. Їхні стінки по черзі скорочуються 9 20 – 30 разів на хвилину), протискуючи кров у судини. Великі судини переходять у тонесенькі капіляри, з яких кров виходить у проміжок між органами. Отже, кровоносна система молюска незамкнута, бо вона сполучається з порожниною тіла, і кров не весь час тече по судинах. З порожнини тіла кров збирається в судину, що підходить до легені, збагачується киснем і надходить у передсердя. Кров ставковика безбарвна.

Ставковик має лише один орган виділення – нирку. Будова її досить складна.

Основну частину нервової системи ставковика становить навкологлоткове скупчення нервових вузлів. Від них відходять нерви до всіх органів молюска.

Ставковики – гермафродити. Вони відкладають безліч яєць у прозорі слизисті шнури, що прикріплюються до підводних рослин. З яєць вилуплюються маленькі молюски, вкриті тонкою черепашкою.

Серед багатьох черевоногих молюсків особливо відомі морські завдяки гарним черепашкам. На суші живуть слизуни. Вони називаються так через те, що виділяють дуже багато слизу. Черепашок у них немає. Слизуни живуть у вологих місцях і живляться рослинами. Багато слизунів живляться грибами, деякі з них живуть на полях і городах, завдаючи шкоди культурним рослинам. Усім добре відомий виноградний слимак. У деяких країнах його використовують як їжу. У тілі черевоногих молюсків паразитують личинки різних сисунів. Наприклад, личинки печінкового сисуна розвиваються в ставковику малому.

У таких самих водоймах, де водяться ставковики, трапляється й інший молюск – беззубка. Вона живе на дні, до половини зариваючись у мулистий ґрунт. Овальна черепашка беззубки близько 10 см завдовжки. Передній кінець її заокруглений, а задній – трохи загострений.

Складається черепашка з двох симетричних стулок – правої та лівої. Обидві стулки з'єднуються між собою спинними краями за допомогою пружної гнучкої зв'язки. На черевній частині стулки можуть розкриватися, і крізь щілину, яка утворюється при цьому, висувається нога молюска. Голови в беззубки немає.

За допомогою ноги беззубка може повільно повзати по дну з швидкістю 20-30 см на годину. Якщо її потривожити, вона швидко втягує ногу й закриває черепашку за допомогою двох м'язів-замикачів, що

проходять у тілі молюска від однієї стулки до другої. Коли м'язи розслаблені, стулки розсуваються під дією пружної зв'язки. Беззубка та інші молюски, черепашки яких складаються з двох стулок, належать до класу двостулкових.

Черепашка беззубки, як і черепашка ставковика, складається з вапняку. Зовні вона вкрита шаром рогоподібної речовини коричнювато-зеленого кольору. Внутрішня поверхня черепашки вистелена світлим перламутром, що переливається всіма барвами веселки. У беззубки перламутровий шар розвинений слабо, а в деяких інших молюсків, наприклад у прісноводної перлівниці або в морській перлової скойки, він значно товщий. З перламутрових черепашок виготовляють гудзики та ювелірні вироби. Усерединою черепашки перлової скойки іноді випадково потрапляє піщинка, навколо якої відкладається перламутр, і тоді утворюється кулька – перлина.

Тулуб беззубки міститься в спинній частині черепашки. Від нього відходять дві жовтувато-рожеві шкірні складки мантиї, які щільно прилягають до стулок. Під мантиєю з кожного боку є по двоє зябер.

Спосіб живлення у двостулкових молюсків інший, ніж у червононогих. У живої беззубки в задній частині черепашки права й ліва складки мантиї щільно прилягають одна до одної, але між ними залишаються два отвори – верхній і нижній сифони. Зябра і внутрішні поверхні мантийних складок вкриті війками, які безупинно рухаються, втягуючи воду через нижній сифон. Разом з водою в сифон потрапляють різні найпростіші ( джгутикові, інфузорії ) та дрібні рачки. Струмінь води несе їх до рота, який міститься на тулубі тварини поблизу основи ноги. На краях нижнього сифона є щупальця. Вони утворюють сито, яке не пропускає всередину великих сторонніх предметів.

Вода виходить на зовні через верхній сифон. Отже, молюск не шукає їжі, вона постійно надходить до нього з водою. Будова органів травної системи у беззубки майже така сама, як у ставковика.

Струмінь води, який приносить беззубці їжу, забезпечує також і її дихання. У численні кровоносні судини, що пронизують зябра, надходить розчинений у воді кисень, а у воду виділяється вуглекислий газ. Кровоносна і видільна системи беззубки за будовою подібні до відповідних систем у великого ставковика.

Нервова система складається з трьох пар нервових вузлів. Одна пара розташована над стравоходом, друга – у тулубі, а третя – в нозі. Нервові вузли зв'язані між собою нервовими перемичками. Спеціальних, складних органів чуттів у беззубки немає.

Беззубки роздільностатеві. Самці зовні не відрізняються від самок. Вони викидають сперматозоїди просто у воду, і ті потрапляють через сифон у тіло самки, де й відбувається запліднення яєць. З яйця розвивається личинка із зубчастими стулками черепашки. Через сифон личинки випадають назовні й осідають на дно. Відкриваючи й закриваючи стулки, личинка може впливти й прикріпитися до риби, яка пропливає повз неї. На тілі риби утворюється пухлина, усередині якої молюск продовжує рости й розвиватися. Через певний час він розриває шкіру хазяїна і падає на дно.

Риби, на яких паразитують беззубки на початку свого життя, заносять цих малорухливих тварин у нові місця життя.

У морі живе багато двостулкових молюсків. Деяких із них, наприклад мідій та устриць, споживають і навіть розводять на спеціальних „плантаціях” у морі. Серед двостулкових молюсків бувають і такі, що точать дерево, навіть камінь, псуючи берегові споруди в морських портах. Найбільшої шкоди завдає „корабельний черв’як”, що точить дерево.

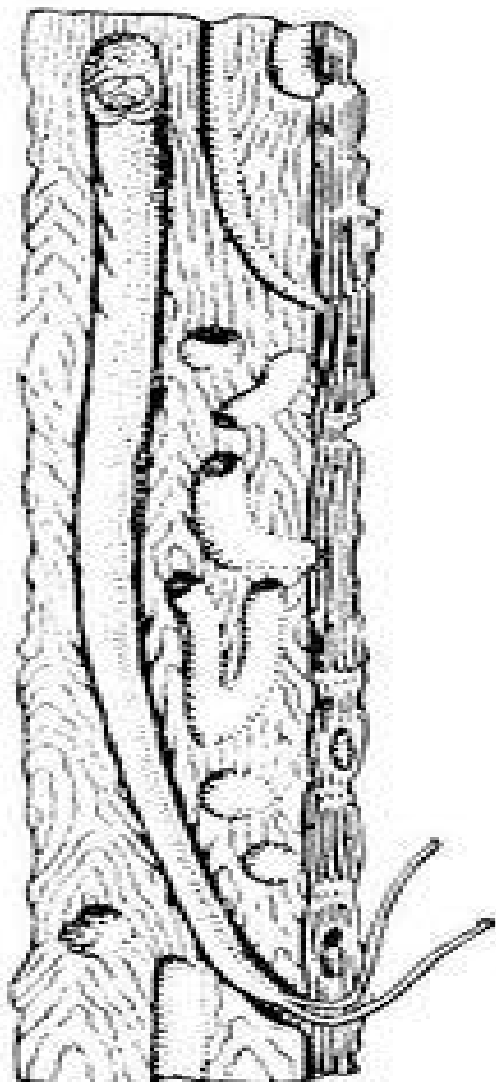
### **Ставковик**



### **Беззубка**



«Корабельный черв'як»



## ТЕМА 10

### ТИПИ ЧЛЕНИСТОНОГІ, МОЛЮСКИ, ГОЛКОШКІРІ.

Надзвичайно поширені в природі і пристосовані до існування в найрізноманітніших умовах. Середовище існування: наземне, ґрунт, вода, повітря, а також живі організми.

**1. Членистоногі** – сегментовані тварини.

**Сегментація** – гетерономна (неоднакова). Сегменти зростаються, насамперед передні сегменти тіла, з яких утворюється голова. Решта тіла, тулуб, залишився сегментований і в більшості диференціювався на два відділи – груди і черевце, які складаються з різної кількості сегментів. В ракоподібних грудні сегменти зрослися з головою, в результаті чого утворилися несегментовані **головогруди**, а сегментація черевця збереглася. У павуків злилися і черевні сегменти; їх тіло складається з несегментованих **головогрудей** і **черевця**. У кліщів зростаються всі сегменти в одне тіло без поділів на відділи. Отже, сегменти тіла мають різну будову і виконують різні функції.

**2. Тришаровість зародка** (розвиток трьох зародкових листків у ембріона).

**3. Білатеральна симетрія тіла (двобічна).**

**4.** Покрив тіла являє собою **хітинізовану кутикулу** (хітин – азотовмісний полісахарид). Вона виділяється гіподермою і відзначається міцністю. У деяких кутикула просочується вапном.

**Значення:**

- вона не пропускає пари води, що захищає наземні форми від висихання;

- служить зовнішнім скелетом. До якого зсередини прикріплюються м'язи, зокрема м'язи кінцівок.

У наземних форм поверх хітинової оболонки є тонкий шар віскоподібної речовини.

**5. М'язова система** розвинена добре. М'язи поперечносмугасті, завдяки чому членистоногі можуть робити швидкі і складні рухи.

**6. Кінцівки** членисті, тобто складаються з кількох члеників (звідси назва типу) вони рухомо зчленовані з тілом за допомогою суглобів. Особливістю членистоногих є наявність різної кількості пар кінцівок. Як і все тіло, кінцівки вкриті хітином, до якого зсередини прикріплюються м'язи, що приводять кінцівку в рух.

Одні з кінцівок стали ходильними, інші, які розміщувалися на передніх сегментах, що увійшли до складу голови, перетворилися у ротові кінцівки (щелепи та вусики).

Диференціювання кінцівок сприяло широкому розселенню членистоногих, виходу на сушу, добуванню більшої кількості поживи і пристосуванню до різноманітних умов існування та живлення.



**7. Порожнина тіла** – міксоцель (змішана порожнина). Вона утворилася в результаті часткового розпаду під час зародкового розвитку стінок мезодермальних мішків і сполучення при цьому вторинної і первинної порожнини тіла.

Руйнування стінок цілому приводило до того, що кровоносні судини місцями також руйнувалися і кров виливалася з судин у міксоцель між органами, а потім знову надходила в судини. Така кровоносна система називається **незамкненою**.

**8. Кров** змішується з порожнинною рідиною і утворює гемолімфу. Характерною особливістю є наявність серця – центрального пульсівного органа. Воно знаходиться у спинній частині тіла в головогрудному або черевному відділі. Серце утворене послідовними камерами, між якими є отвори з клапанами. Скорочується серце за допомогою м'язів що приєднуються до нього ззовні.

До складу гемолімфи входять амебоїдні клітини, що захоплюють і перетравлюють бактерії (захисна функція).

#### **9. Травна система:**

а) травний канал – рот з ротовими кінцівками (щелепний апарат) – глотка – стравохід – шлунок – кишечник – анальний отвір.

б) травні залози: слинні залози, печінка.

Ракоподібні. Загальна характеристика, особливості зовнішньої та внутрішньої будови, процесів життєдіяльності.

Переважає більшість ракоподібних – водні тварини, що живуть у морях і прісних водоймах. Деякі пристосовувалися до життя на суші (мокриця, сухопутні краби). Багато є паразитами.

**Тіло** ракоподібних поділяється на голову груди і сегментоване черевце. На головогрудях часто є міцний хітиновий панцир, що покриває у деяких і черевце. Загальна кількість сегментів тіла 10-50. У вищих раків (річковий рак) їх 20: з 5 утворився головний відділ, 8 сегментів належать грудному відділові, що зростається з головним і 7 – сегменти черевця. Цій кількості сегментів у вищих раків відповідає кількість пар кінцівок. Головний відділ має видозмінені кінцівки у довгі і короткі вусики, та три пари щелеп (одна пара – верхніх і дві пари нижніх). На грудному відділі є три пари ногощелеп і п'ять пар ходильних ніжок, перша з яких має міцні клешні. На черевці є шість пар черевних ніжок, з яких перші дві пари перетворені (у самця) в копулятивні органи, а решта є плавальними ніжками. У нижчих раків на черевці кінцівок немає. Ніжки раків розділені на кінцях на дві гілки. Виконують різні функції: одні для пересування, інші – для дихання, треті – для захоплення й утримування їжі.

**Травна система** починається ротом, оточеним щелепами, далі глотка, стравохід, шлунок, який має два відділи (жувальний з хітиновими зубцями і цідильний з хітиновими волосками для затримання недостатньо подрібненої їжі), кишечник, куди впадає печінка, та анальний отвір.

Їжею ракоподібних є бактерії, одноклітинні водорості, різні дрібні тваринні залишки, що розкладаються. Частина видів живиться рослинною їжею.

У деяких паразитичних форм кишечник атрофується.

**Органи дихання зябра** – тонкостінні вирости основ грудних ніг. Вони прикриті ззовні складкою панцира, яка захищає зяброву порожнину.

Річковий рак дихає розчиненим у воді киснем. Наземні ракоподібні дихають атмосферним повітрям. Дрібні форми дихають усією поверхнею тіла.

**Кровоносна система** незамкнена, складається з п'ятикутного серця на спинному боці тіла в грудях та кровоносних судин.

**Кров** річкового рака безбарвна, у інших червонувата(бо містить гемоглобін) або блакитною (краби), через те, що містить речовину з міддю.

**Видільна система** у річкового рака – пара зелених залоз, які мають вигляд пухирців з вивідними каналцями, що відкриваються назовні поблизу основи довгих вусиків.

У нижчих – це пара залоз, що відкриваються біля основи другої пари нижніх щелеп.

**Сеча** у багатьох ракоподібних збіднена на солі. З порожнини тіла видаляється вода і концентрація солей у порожнинній рідині перевищує їх рівень в оточуючому середовищі.

**Нервова система** представлена навкологлотковим нервовим кільцем і черевним нервовим ланцюгом з парним ганглієм у кожному сегменті. Від надглоткового ганглія нерви відходять до очей і вусиків, від підглоткового – до ротових органів, від черевного – до всіх кінцівок і внутрішніх органів.

**Органи чуття.** Очі розташовані на рухомих стебельцях. Рак їх висовує і повертає в різні сторони, тому може своєчасно помітити як здобич, так і ворогів. Кожне око складається з великої кількості (3000) окремих очок. Такі очі – фасеткові, а зір – мозаїчний.

**Органи дотику** – довгі вусики, органи нюху – короткі вусики.

**Органи смаку** – розміщені переважно на ротових кінцівках.

При основі коротких вусиків розташовані органи рівноваги і слуху.

**Статева система та розмноження.** Більшість раків роздільностатеві. Статеві залози парні, розташовані в грудній порожнині.

Самка річкового рака відрізняється від самця: у неї черевце ширше від головогрудей, а у самця вужче.

Після внутрішнього запліднення самка в кінці зими відкладає ікру, приклеюючи її до плавальних ніжок черевця і виношує. Рачки вилуплюються на початку літа, 12 діб вони знаходяться під черевцем матері, а потім ведуть самостійний спосіб життя.

Розвиток запліднених яєць різний. У нижчих – виходить личинка примітивної будови і формування органів відбувається в постембріональному періоді. У вищих раків метаморфоз відсутній – з яйця виходить рачок схожий на дорослого рака.

Молоді рачки багато разів линяють, ростуть і досягають статевої зрілості на 3-4 році існування. Тривалість життя річкового рака – до 20 років, впродовж яких раз-двічі на рік линяють.

### **Різноманітність ракоподібних. Їх роль у природі та житті людини.**

**Ряд Десятиногі ракоподібні:** раки, краби, креветки, омари, лангусти (об'єкт харчування людини).

Річкові раки та інші, живлячись залишками тварин, звільняють воду від речовин, що розкладаються, виконуючи роль санітарів водойм.

**Ряд Рівноногі раки.** Мокриці – наземні ракоподібні. Водяні віслюки у прісних водоймах живляться рештками рослин і є улюбленою поживою для багатьох риб.

**Ряд Гіллястовусі раки.** Дафнії – водяні блохи (планктонні організми), пересуваються стрибками. Є кормом для більшості риб, тому вони мають важливе практичне значення для рибного господарства.

**Ряд Веслоногі раки.** Циклопи – планктонні рачки, мають важливе значення у кровообігу речовин у природі, становлячи значну частину раціону багатьох риб і китоподібних. Разом з тим вони завдають шкоди як проміжні господарі небезпечних для людини і тварин паразитичних червів.

**Ряд Коропоїди.** Коропоїд паразитує на зябрах і лусці риб та живиться їхніми соками.

### **10. Видільна система:**

а) метанефридії змінені (ракоподібні).

б) мальпігієві судини (трубочки) у павукоподібних і комах.

### **11. Нервова система.**

ЦНС – вузлового типу, складається з: надглоткового вузла (головний мозок) і підглоткового, що з'єднані у навкологлоткове нервове кільце і черевний нервовий ланцюжок.

У комах головний мозок (надглотковий ганглій) складається з трьох відділів переднього, середнього і заднього, з чим пов'язана їх складна нервова діяльність (поведінка).

**12. Органи чуття:** дотику, нюху, смаку, зору, слуху.

**13. Дихальна система:** зябра – у водних, легені і трахеї – у наземних.

**14. Ендокринна система:** крім нервової виконує функцію регуляції. Спеціальні органи внутрішньої секреції виділяють гормони в кровоносні судини. Гормони керують перетворенням, статевим дозріванням, линянням.

**15. Статева система.** Більшість роздільностатеві, інколи гермафродити.

Статевий диморфізм. Статеві органи (самки) – яєчники, яйцепроводи, додаткові органи, (самця) – сім'яники, сім'япроводи, парувальний апарат різної будови.

### **Запліднення внутрішнє.**

### **Процеси життєдіяльності членистоногих.**

**Рух:** рухову активність забезпечують почленовані кінцівки і посмуговані м'язи, зумовлюють збільшення швидкості скорочення м'язів, швидкості рухової реакції.

**Живлення:** це гетеротрофи, живляться готовими органічними речовинами. Травлення внутрішньоклітинне. У травному каналі з'являються спеціальні залози, які секретують травні ферменти.

**Виділення:** продукти виділення з клітин потрапляють в кров, яка омиває мальпігієві судини, через які виводяться назовні (це сечова кислота і її солі з натрієм, калієм, аміаком, кальцієм).

**Дихання:** за участю різноманітних спеціальних органів здійснюється газообмін. Кінцівки видозмінюються в органи водного дихання – зябра, органи повітряного дихання наземних форм – легені (теж видозмінені кінцівки). У комах – трахейна система. Покриви тіла у диханні участі не беруть.

**Розмноження та розвиток.** Властиве тільки статеве розмноження. Самці менші за самок. Розмножуються відкладанням яєць, і є живородящі форми. Розвиток прямий або непрямий з повним і неповним перетворенням.

**Різноманітність членистоногих, середовища їхнього існування та спосіб життя.**

Тип Членистоногі найбільш численний серед безхребетних – понад 1 млн видів, що складає 70% всіх тварин. Виділяють 10 класів, основні з них: ракоподібні, павукоподібні, комахи, багатоніжки.

**Середовища існування:** моря і прісні водойми (товща води, дно), суша (різні глибини), повітряний океан. Зустрічаються повсюдно: у тундрі, в лісах і горах, у степах і пустелях, на берегах річок і в різних водоймах, у снігах і гарячих джерелах.

Така різноманітність і поширення зумовлені прогресивними рисами організації: почленовані кінцівки (різні функції), пристосування до польоту, хітиновий покрив тіла (захисна функція визначає форму і внутрішній скелет), сегментованість тіла, поява посмугованих м'язів, надзвичайна плодючість, вдосконалення нервової системи і органів чуття.

Величезна кількість членистоногих пристосувалися до життя на поверхні різних частин рослин і всередині рослинних тканин.

Багато – паразити, постійні або тимчасові. Зовнішні або внутрішні. І такий спосіб життя дуже видозмінює їх форму. Чимала кількість членистоногих – хижакі. Тонкі пристосування до використання різних умов існування та різної їжі можуть пояснити різноманітність і велику чисельність членистоногих.

**Молюски, або м'якуні (Mollusca)** — тип первинноротих двобічно-симетричних ціломічних тварин зі спіральним дробленням зиготи.

М'якуни — другий за чисельністю видів тип тварин після Членистоногих. Наразі відомо приблизно 130 тисяч сучасних видів молюсків<sup>[1][2]</sup>, проте науковці припускають існування до 200 тисяч видів<sup>[1][3]</sup>. Крім того, відомо від 35<sup>[2]</sup> до 70<sup>[1]</sup> тисяч викопних видів м'якунів. Приблизно 80 % видів належать до класу Черевонігих. В Україні налічують орієнтовно 500–650 видів молюсків.

Здебільшого молюски є водними тваринами, що мешкають у морських та прісних водоймах, меншість м'якунів наземні 🐌. Здебільшого молюски є

вільноживучими організмами, проте деякі з них пристосувалися до паразитичного способу життя.

Молюски дуже різноманітні за розмірами, анатомічною будовою та поведінкою. Дорослі особини найменших видів (належать до черевонігих та двостулкових молюсків) сягають завдовжки лише 0,5 мм<sup>[4][5][6]</sup>, тоді як найбільші — велетенські кальмари з класу Головоногих, зокрема *Mesonychoteuthis hamiltoni*, які можуть досягати 10 м у довжину та 495 кг ваги<sup>[7]</sup>, є найбільшими безхребетними тваринами. Однак переважна більшість м'якунів має розміри в кілька сантиметрів<sup>[4]</sup>.

Одна з характерних особливостей молюсків — мінералізована черепашка (мушля), форма та будова якої відрізняється у представників різних класів. У більшості сучасних головоногих мушля редукована. Характерним для молюсків є також особливий ротовий орган — радула. У двостулкових радула, як і вся голова, повністю редукована. Пересувається більшість молюсків за допомогою ноги, яка в головоногих перетворилася на щупальця. Головоногі молюски, а саме кальмари, каракатиці та восьминоги, мають одну з найрозвиненіших нервових систем серед усіх безхребетних 🌱.

Життєві цикли молюсків також досить різноманітні. Наземні м'якуни та представники класу Головоногих розвиваються без проміжних стадій, інші ж мають різні личинкові форми 🌱.

Появу перших молюсків наразі датують початком кембрійського періоду палеозойської ери (приблизно 540 млн років тому) 🌱. Класифікація, філогенетика та навіть монофілія молюсків як типу наразі остаточно не встановлені, проте найчастіше тип поділяють на 8 сучасних та 2 викопних класи 🌱.

Багато видів молюсків, переважно наземних та прісноводних, опинилися перед загрозою вимирання через діяльність людини та потребують охорони. Наразі 1032 сучасні види цієї групи вже відмічені як імовірно вимерлі<sup>[8]</sup>, що становить більше половини всіх відомих сучасних вимирань видів 🌱.

Певні види молюсків є важливим джерелом харчування для людини, а також джерелом цінних матеріалів, зокрема перламутру, перлів, пурпуру та висону, з яких виготовляють коштовні прикраси та інші предмети розкошів 🌱. Водночас деякі м'якуни є сільськогосподарськими шкідниками, а деякі можуть безпосередньо загрожувати здоров'ю та життю людини 🌱.

У популярній культурі равлики є символом неквапливості, а велетенські головоногі надихали давніх мореплавців та сучасних авторів на розповіді про морських чудовиськ 🌱.

Вивчає молюсків наука малакологія.

Г

## Зміст

- 1Етимологія
- 2Будова та фізіологія

- 2.1Тіло
- 2.2Покриви
- 2.3Вторинна порожнина тіла
- 2.4Травна система
- 2.5Кровоносна система
- 2.6Дихальна система
- 2.7Видільна система
- 2.8Осморегуляція
- 2.9Нервова система
- 2.10Органи чуття
- 2.11Статева система
- 3Життєвий цикл
- 4Поширення
- 5Спосіб життя та поведінка
- 5.1Червоногі
- 5.2Двостулкові
- 5.3Головоногі
- 6Живлення
- 7Екологія
- 7.1Значення в екосистемах
- 7.2Природні вороги
- 7.3Симбіонти
- 8Біолюмінесценція
- 9Захворювання молюсків
- 10Систематика
- 10.1Порівняльна характеристика класів молюсків
- 11Еволюція
- 11.1Викопні
- 11.2Філогенія
- 12Охорона молюсків
- 13Значення для людини
- 13.1Використання
- 13.2Шкідники
- 13.3Молюски та здоров'я людини
- 14Образ молюсків у культурі
- 14.1Головоногі
- 14.2Червоногі
- 14.3Двостулкові
- 15Цікаві факти
- 16Див. також
- 17Примітки
- 18Джерела та література
- 18.1Українською
- 18.2Російською
- 18.3Англійською

- 19Посилання

Етимологія[ред. | ред. код]

Назва «моллюск» походить від латинського *molluscus* — «м'який»<sup>[9][10][11]</sup>. Вивчає моллюсків наука *малакологія*, а їхні мушлі — *конхологія*<sup>[12]</sup> або *конхіологія*<sup>[13]</sup>.

Будова та фізіологія[ред. | ред. код]



Закручена спіраллю мушля властива багатьом черевоногим<sup>[14]</sup>

Особливості зовнішньої та внутрішньої будови тіла різних груп моллюсків є досить значними, що дуже ускладнює виявлення синапоморфій (ознак, спільних для всіх представників даної групи організмів, але відсутніх у їхніх предків), які об'єднали б усі сучасні класи м'якунів<sup>[15][16]</sup>. Найзагальнішими характерними рисами моллюсків можна вважати відсутність справжньої сегментації та двосторонню симетрію<sup>[17]</sup>. Однак у різних груп м'якунів тіло набуває асиметричності через зміщення або нерівномірний ріст різних органів. Найяскравіше асиметрія проявляється в черевоногих моллюсків унаслідок торсійного процесу та виникнення турбоспіральної мушлі. Спільними ознаками є також наявність мантиї та мантийної порожнини, яка виконує дихальну та видільну функції, а також будова нервової системи.

### Тіло

Тіло м'якунів не має ознак справжньої сегментації<sup>[18]</sup>, попри те, що деякі органи (наприклад, зябра хітонів та моноплакофор) можуть мати сегментовану будову. Зазвичай тіло моллюсків складається з чотирьох відділів: голови, ноги, нутрощового мішка (вісцеральної маси) та мантиї<sup>[19]</sup>. У представників класу Ямкохвостих відсутня нога, а двостулкові моллюски вторинно втратили голову.

Нога являє собою м'язистий непарний виріст черевної стінки тіла і слугує переважно для пересування<sup>[20]</sup>, проте у представників різних класів може виконувати інші функції<sup>[21]</sup>. У нозі розташовані два органи рівноваги (статоцисти). Нога черевоногих виділяє слиз, який змашує поверхню й полегшує пересування. У моллюсків, що мають черепашку розташовану лише на верхній частині тіла (як у морського блюдечка), нога прикріплює тварину до твердої поверхні завдяки дії вертикальних м'язів, які притискають тіло до неї. В інших м'якунів вертикальні м'язи втягують ногу та інші м'які частини тіла всередину мушлі<sup>[22]</sup>. Двостулкові мають ногу пристосовану для закопування у ґрунт<sup>[21]</sup>, хоча деякі, наприклад, мідії, її втратили. У головоногих моллюсків нога перетворилася на щупальця<sup>[23]</sup> і бере участь у реактивному русі<sup>[21]</sup>.

Тулуб містить усі основні внутрішні органи. У представників групи Conchifera він сильно розростається на дорсальний бік у процесі ембріонального розвитку, внаслідок чого формується вісцеральна маса.

Від основи тулуба відходить *мантія* — складка стінки тіла, вкрита епідермісом, що утворює *мантійну порожнину*, яка сполучається із зовнішнім середовищем. У мантийній порожнині міститься так званий мантийний комплекс органів: вивідні шляхи статевої, травної та видільної систем, ктенидії, осфрадії та гіпобранхіальна залоза. Крім того, до мантийного комплексу органів належать нирки та перикард, розташовані поруч із мантийною порожниною. У ранніх молюсків мантийна порожнина була розташована ближче до задньої частини тіла, проте в сучасних групах її розташування широко варіює. У двостулкових молюсків усі м'які частини тіла лежать у межах мантийної порожнини<sup>[24]</sup>.

### Покриви[



### Мушлі молюсків

Вважається, що в гіпотетичного предка молюсків покрив був представлений протоперіотумом — кутикулою з арагонітовими спікулами. Подібна будова покриву притаманна представникам класів Caudofoveata і Solenogastres. Проте у всіх класів молюсків, окрім Caudofoveata, з'являється війкова плазівна поверхня — нога (за цією ознакою їх об'єднують у групу Adenopoda). У Solenogastres нога представлена педальною борозною. Панцирні також мають кутикулярний покрив, але тільки на латеральних поверхнях — перинатальних складках. Дорсальна ж поверхня прикрита вісьмома пластинками черепашки.



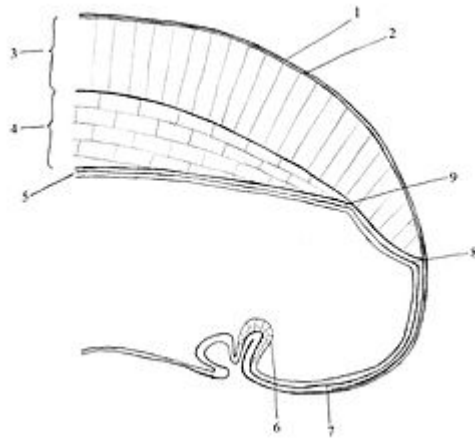


Схема будови краю мушлі Conchifera: 1 — зовнішній шар периостракуму; 2 — внутрішній шар периостракуму; 3 — остракум; 4 — гіпостракум; 5 — мантийний епітелій; 6 — заліза периостракуму; 7 — місце секреції внутрішньої частини периостракуму; 8 — місце секреції остракуму; 9 — місце секреції гіпостракуму

Мінерально-органічна черепашка є характерною ознакою молюсків, яка в типових випадках вкриває все тіло молюска і виконує захисну функцію. Черепашка може бути суцільною чи складатися з кількох частин. У деяких груп черепашка повністю чи частково редукована. Як правило, черепашка молюсків складається з трьох шарів: зовнішнього конхіолінового (периостракума), складеного з органічної речовини — *конхіоліну*; середнього призматичного (остракума), до складу якого входить карбонат кальцію у вигляді призматичних кристалів, розташованих перпендикулярно до поверхні черепашки; внутрішнього перламутрового (гіпостракума), що складається із тонких пластинчатих кристалів карбонату кальцію, розташованих паралельно до поверхні черепашки. Черепашка утворюється завдяки секреторній діяльності епітелію краю мантиї.

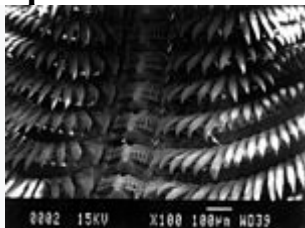
У представників групи Conchifera, що включає класи Черевоногі, Головоногі, Двостулкові, Лопатоногі та Моноплакофори, кутикулярний покрив відсутній, а черепашка складається з однієї пластинки. Під черепашкою лежить мантия — складка шкіри, яка вільно звисає по боках тулуба й огортає його основу. Між тулубом і мантиєю залишається мантийна порожнина, у якій містяться органи дихання — зябра або легені, слинні залози, органи хімічного чуття.

### **Вторинна порожнина тіла**

Вторинна порожнина тіла в молюсків являє собою справжній, але значно редукований *целом* (заповнену рідиною порожнину тіла, вкриту серозною мембраною). Основний об'єм целому в них представлений місоцелом, що є частиною незамкненої кровоносної системи. Целомічні мішки в молюсків представлені перикардом (порожнина серцевої сумки) та порожниною гонад. Разом вони утворюють *гоноперикардіальну систему*. Основною порожниною організму молюсків є гемоцель, через який циркулює кров та целомічна рідина, проміжки між органами частково заповнені паренхімою. Нирки фактично є целомодуктами<sup>[25]</sup>, пов'язаними з

перикардом. Передсердя виконують частину функцій видільної системи, відфільтровуючи відходи метаболізму з крові та скидаючи їх у целом вже у вигляді сечі<sup>[22]</sup>. Целомодукти, що відкриваються в порожнину гонад — статеві протоки (гонодукти)<sup>[26]</sup>.

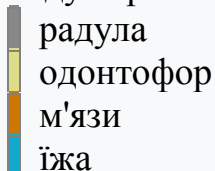
### Травна система



Мікрофотографія радули м'якуна *Armina maculata*



Радула равлика в роботі:



Травна система м'якунів починається з ротового отвору, що веде в ротову порожнину, у яку зазвичай відкриваються слинні залози. Травна система складається з глотки, стравоходу, шлунку, середньої та задньої кишок (ректум). Є також травна залоза — печінка, яка бере участь у перетравлюванні, всмоктуванні та накопиченні поживних речовин (клітини печінки молюсків здатні до фагоцитозу). У головоногих є також підшлункова залоза (у решти молюсків її функції виконує травна залоза).

У більшості видів у глотці є радула («тертушка»)<sup>[27]</sup> — спеціальний апарат для подрібнення їжі. Радула вкрита хітиновими зубцями, що змінюються в міру їх зношення. Головною функцією радули є зішкрібання бактерій та водоростей з каміння та інших поверхонь. Радула пов'язана з *одонтофором* — хрящовим опорним органом<sup>[17]</sup>. Радула є унікальною для молюсків і не має відповідників у тварин інших груп. Окрім радули нерідко також бувають розвиненими хітинові щелепи<sup>[26]</sup>.

Їжа, що потрапила до рота, приклеюється до в'язкої слини, яка завдяки руху війок спрямовується до шлунку<sup>[22]</sup>. На загостреному кінці шлунку на межі з кишкою розташований *простиль* — конусоподібне, загострене дозад утворення, складене з різних осадових частинок. Слина рухом додаткових війок спрямовується на простиль так, щоб він слугував у ролі своєї бобіни. Поки ще слина не досягла простилі, кислотність шлунку робить слину менш клейкою, і харчові частинки відокремлюються від неї<sup>[22]</sup>. Далі харчові частинки сортуються іншою групою війок. Менші частинки, переважно мінерали, спрямовуються війками до простилі, так що врешті-решт вони виділяються назовні, а великі частинки, здебільшого власне їжа,

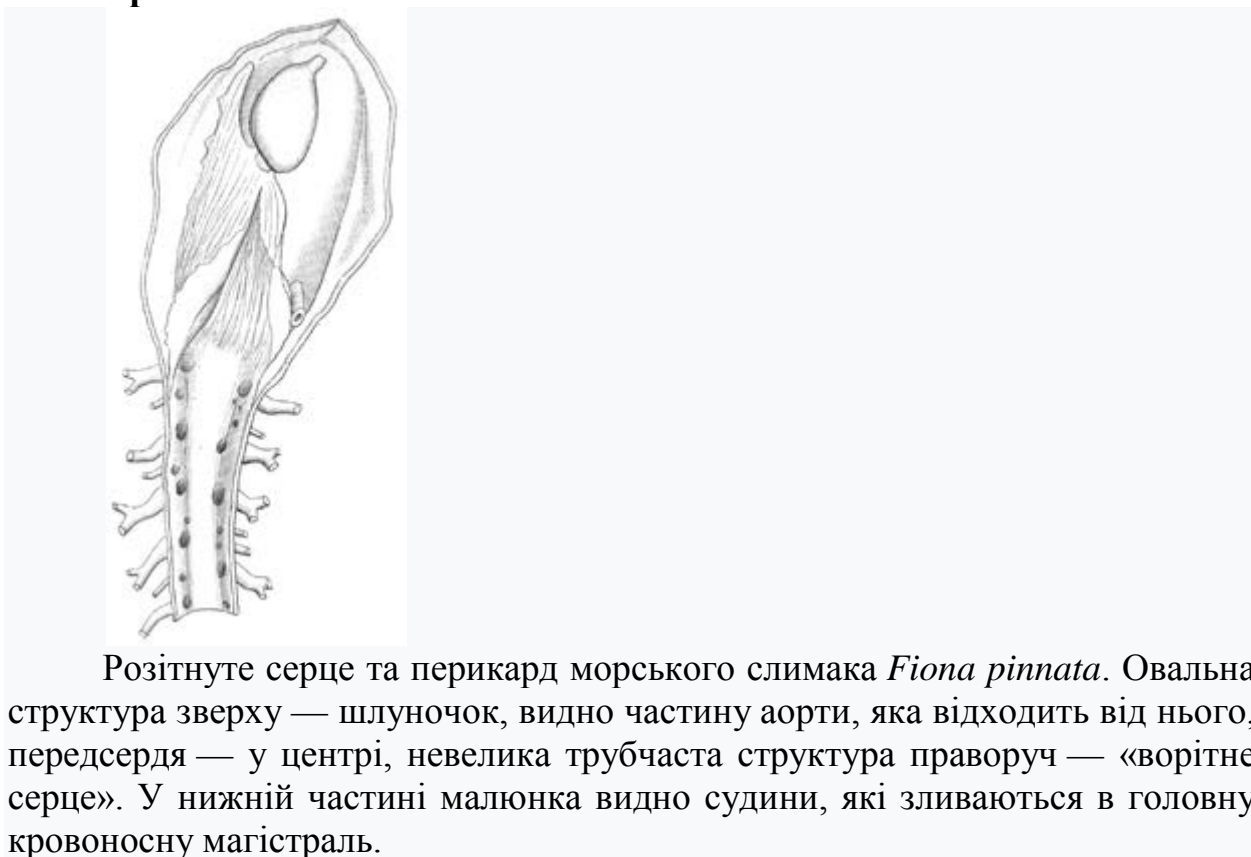
відправляються на перетравлення у сліпий відросток кишки. Процес сортування не є добре злагодженим<sup>[22]</sup>

Час від часу молюски виділяють фрагменти простилю, щоб запобігти його надмірному розростанню. Задня кишка відкривається анусом у мантийну порожнину. Анус омивається потоками води, що йде від зябер.

У хижих м'якунів травна система влаштована простіше<sup>[22]</sup>. У водяних молюсків є спеціальний орган — *сифон*, що є частиною мантиї. Через сифон відбувається протікання води (рідше повітря), яке використовується для однієї або кількох цілей: руху, живлення, дихання, розмноження.

У деяких м'якунів роду *Solemya* травна система атрофована аж до повної редукції; припускають, що вони засвоюють поживні речовини за допомогою хемосинтезуючих бактерій.

### Кровоносна система



Розітнуте серце та перикард морського слимака *Fiona pinnata*. Овальна структура зверху — шлуночок, видно частину аорти, яка відходить від нього, передсердя — у центрі, невелика трубчаста структура праворуч — «ворітне серце». У нижній частині малюнка видно судини, які зливаються в головну кровоносну магістраль.

У молюсків незамкнена кровоносна система, до якої належать серце (орган, що забезпечує рух крові судинами та порожнинами тіла) та судини. Серце складається зі шлуночка та одного або, частіше, двох передсердь (у наутилусів чотири передсердя). Кровоносні судини виливають кров у проміжки між органами — у синуси та лакуни<sup>[26]</sup>. Потім кров знову збирається в судини й надходить до зябер або легень. Кров головоногих та деяких червононогих молюсків на повітрі має незвичний блакитний колір. Цього кольору їй надає гемоціанін — дихальний пігмент, який містить мідь та виконує функції, подібні до функцій гемоглобіну в крові хордових та кільчастих червів, тому при окисленні кров стає блакитною<sup>[28]</sup>.

У головоногих кровоносна система майже замкнена: поза судинами кров перебуває тільки коли частково з капілярів, вен та артерій витікає у дрібні лакуни<sup>[28]</sup>.

#### **Дихальна система]**



#### **Ктенидії двостулкових молюсків**

Дихальна система представлена пірчастими шкірними адаптивними зябрами — ктенидіями. Також важливе значення має шкірне дихання, для деяких м'якунів воно навіть є єдиним. У наземних молюсків замість ктенидіїв є особливий орган повітряного дихання — легеня, що являє собою видозмінену мантийну порожнину, стінки якої пронизані кровоносними судинами<sup>[26][29]</sup>.

#### **Видільна система**

Видільна система молюсків складається з нирок, які є видозміненими метанефридіями<sup>[25]</sup>. У них накопичуються продукти виділення у вигляді грудочок сечової кислоти, які виводяться один раз на 14–20 днів. У багатьох червононогих є лише одна, ліва нирка, а найбільшу кількість нирок (5–6 пар) мають представники моноплакофор<sup>[30]</sup>. Внутрішнім кінцем (заглибиною) кожна нирка відкривається в навколосерцеву сумку (перикард), а зовнішнім (видільними отворами) — у мантийну порожнину, куди виводяться кінцеві продукти обміну речовин<sup>[26]</sup>. Передсердя молюсків, фільтруючи кров, фактично є частиною видільної системи.

#### **Осморегуляція**

Морські молюски є *пойкілосмотичними* тваринами, тобто вони не здатні зберігати постійний осмотичний тиск (ОТ) у тканинах у разі зміни солоності води<sup>[31]</sup>, й ОТ крові в них змінюється зі зміною тиску в навколишньому середовищі, стаючи йому рівним (іншими словами, ОТ морських молюсків дорівнює ОТ морської води, тобто вони *ізотонічні* тому середовищу, у якому мешкають). Постійний вміст води та солей у клітині в них забезпечує клітинна осморегуляція: при збільшенні або зменшенні ОТ середовища на таку ж величину змінюється концентрація осмотично активних органічних речовин (переважно амінокислот). У такий спосіб ОТ у клітині та в зовнішньому середовищі зрівнюються<sup>[32]</sup>.

Прісноводні молюски *гіпертонічні* до свого середовища мешкання, оскільки їхній ОТ більший за ОТ прісної води. У зв'язку з цим проблема осморегуляції постає більш гостро, ніж у морських молюсків. Загальною рисою для прісноводних молюсків є те, що вони мають рівень солоності тканин набагато нижчий, ніж у морських, а також інших прісноводних тварин; крім того, у прісноводних двостулкових молюсків цей показник є

найнижчим серед усіх тварин<sup>[33]</sup>. Тож різниця між ОТ молюска та середовища не дуже велика, проте необхідність осморегуляції зберігається. Цю функцію виконують метанефридії, виділяючи разом із сечовою кислотою надлишки води та солей<sup>[34]</sup>

### Нервова система

**Нижчим** **групам** **молюсків**  
(**Caudofoveata, борозенчасточеревним** та панцирним) притаманна нервова система драбинчастого типу, подібна до такої в деяких кільчастих червів<sup>[26]</sup>. Вона складається з навкологлоткового кільця та чотирьох стовбурів: двох педальних (іннервують ногу) та двох вісцеральних<sup>[35]</sup> (іннервують вісцеральну масу).

У більшості інших представників молюсків спостерігається утворення гангліїв та їх зміщення до переднього кінця тіла, причому найбільше розвивається надглотковий нервовий вузол («головний мозок»)<sup>[19]</sup>. У результаті формується *нервова система розкидано-вузлового типу*.

У нервовій системі розкидано-вузлового типу є дві (у двостулкових — три) пари нервових ланцюгів: двоє черевних ланцюгів іннервують внутрішні органи, а двоє педальних — ногу. Обидві пари ланцюгів містять ганглії як локальні центри контролю важливих частин тіла. Більшість пар відповідних гангліїв, розташованих по обидва боки тіла, з'єднана між собою *комісурами*. Зазвичай є 5 пар гангліїв: *церебральні* (іннервують очі та щупальця), *педальні* (ногу), *плевральні* (мантію), *паріетальні* (органи дихання та осфрадії) та *вісцеральні* (внутрішні органи). Іноді виділяють також *букальні ганглії*, що іннервують глотку. Вони винесені з навкологлоткового кільця й розташовуються на дорсальному боці глотки в місці переходу її в стравохід<sup>[36]</sup>. Церебральні, педальні та вісцеральні ганглії пов'язані між собою поперечними нервовими тяжами — *комісурами*<sup>[37]</sup>. Майже всі ганглії розташовуються нижче кишки, винятком є лише церебральні ганглії, розташовані над стравоходом. Педальні ганглії локалізовані відразу під стравоходом, а їхні комісури та конективи, що зв'язують їх із церебральними гангліями, утворюють нервове кільце навколо стравоходу. У видів, що мають мозок, він оточує стравохід кільцем<sup>[22]</sup>.

У багатьох червононогих через закручування тулуба утворюється перехрещення між плевральними та паріетальними гангліями. Це перехрещення має назву *хіастоневрія*. Нервову систему без перехрещення називають *епіневральною*, а з перехрещенням — *хіастоневральною*<sup>[38]</sup>.

Окрім рефлекторної діяльності, нервова система також регулює ріст та розмноження за допомогою різних нейрогормонів<sup>[39]</sup>.

### Органи чуття]

До органів чуття молюсків належать очі та щупальця, розташовані на голові, органи хімічного чуття — *осфрадії*, розташовані поряд з основою зябер, та статоцисти на нозі<sup>[25]</sup>. Акомодация ока (у видів, які до неї здатні) відбувається шляхом зміни його форми — віддалення або зближення сітківки та кришталика. Будова ока в головоногих дуже подібна до такої у хребетних тварин, проте його акомодация відбувається інакше і

вони по-різному розвиваються у процесі онтогенезу. Переважно на голові, нозі та на краю мантиї зосереджені дотикові сенсорні клітини<sup>[26]</sup>.

### Статева система

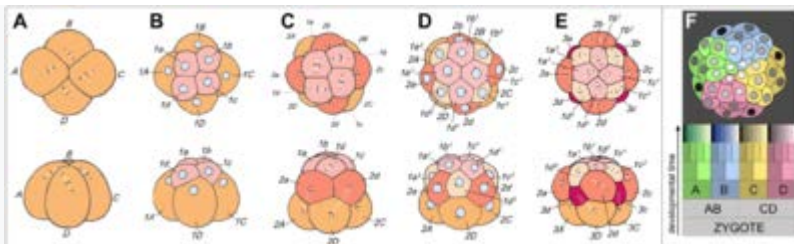


Виноградний равлик відкладає яйця

Усі легеневі молюски — гермафродити, більшість зябродихаючих — роздільностатеві. За гермафродитизму кожна особина виконує роль і самиці, й самця, при спаровуванні двох особин відбувається перехресне запліднення. Протоки гонад (*гонодукти*) є целомодуктами<sup>[26]</sup>. Ними статеві клітини прямують у целом, звідки вони відфільтровуються нирками і спрямовуються в мантийну порожнину. Такий механізм існує у роздільностатевих молюсків із зовнішнім заплідненням, яке відбувається у воді. У більш розвинених головоногих та більшості червононогих м'якунів запліднення внутрішнє. Восьминоги для перенесення статевих продуктів у мантийну порожнину самиці використовують спеціалізоване видозмінене щупальце — *гектокотиль*<sup>[40]</sup>.

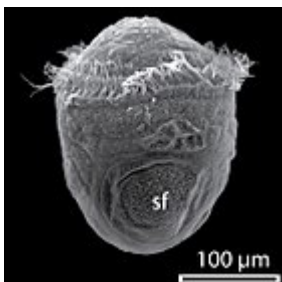
### Життєвий цикл [ред. | ред. код]

Після запліднення яйцеклітина (зигота) молюсків зазнає спірального дроблення, що є однією з ознак типу. У головоногих яйця проходять неповне дроблення<sup>[30]</sup>. Розвиток може бути прямим або непрямим. Деякі молюски є живородними, наприклад, червононогі з родини Viviparidae. Яйця цих м'якунів запліднюються в тілі самиці, а потім розвиваються у яйцеводі; новонароджені равлики починають вести спосіб життя як дорослі особини<sup>[41]</sup>.

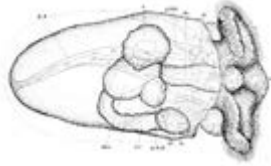


Спіральне дроблення у червононогого молюска з роду *Trochus*

### Личинки молюсків



Трохофора *Haliotis asinina*



Велігер *Fiona pinnata*



Глохидій *Anodonta cygnea*

У нижчих молюсків з яйця виходить трохофорна личинка, у більшості ж ця стадія проходить у яйці<sup>[26]</sup>. Трохофора веде планктонний спосіб життя, живиться харчовими частинками що плавають у товщі води, спрямовуючи їх до рота за допомогою двох рядів війок, розміщених на «екваторі» її тіла. Крім цього, рух війок створює течію води для видалення з анального отвору неперетравлених решток їжі. Нові тканини утворюються зі смуг мезодерми, які розташовані всередині так, що апікальний пучок війок та анус віддаляються один від одного у процесі росту личинки.

Черевоногим, двостулковим та лопатоногим молюскам притаманна личинка, яка має назву *вітрильник* або *велігер*<sup>[35]</sup>, оскільки має широкі лопаті, на яких розташовані війки, і нагадує вітрило. Ці лопаті розвинулися з екваторіальної смуги війок, щонайближчих до апікального пучка війок. Згодом личинка осідає на дно і зазнає метаморфозу, перетворюючись на дорослу особину.

Деякі прісноводні двостулкові мають личинку, що називається *глохидій*<sup>[42]</sup>. Глохидій має двостулкову мушлю з гачками на краях, потужний адуктор та клейку нитку. За допомогою нитки та гачків глохидії прикріплюються до зябер та шкіри риб, що пропливають повз, та занурюються в їхні тканини. Навколо глохидію утворюється невелика пухлина, у якій личинка живиться тканинами господаря та перетворюється на маленького молюска. Після закінчення метаморфозу маленькі молюски випадають назовні через розрив пухлини та осідають на дні водойми. Тимчасовий ектопаразитизм личинок двостулкових забезпечує їхнє розселення<sup>[43][44]</sup>.

Більша частина прісноводних молюсків, усі наземні види, а також деякі морські, зокрема всі головоногі, розвиваються без метаморфозу, тобто в них відбувається прямий розвиток<sup>[26][30]</sup>.

Деякі головоногі турбуються про потомство<sup>[45]</sup>.



*Arctica islandica* — одна з найбільш довгоживучих тварин, її максимальний вік становить 405 років<sup>[46]</sup>.

Тривалість життя молюсків дуже варіює. У той час як багато видів молюсків живуть кілька місяців або навіть тижнів<sup>[47]</sup>, серед двостулкових є представники з найбільшою тривалістю життя серед усіх тварин — понад 400 років. До цього класу також належить більша частина видів тварин, чия тривалість життя зазвичай становить до 150 років. Так, у морського м'якуна *Panopea abrupta*, океанського *Arctica islandica* та прісноводної річкової скойки максимальна тривалість життя становить 163, 405 та 190 років відповідно<sup>[46]</sup>.

#### Поширення[ред. | ред. код]

Молюски поширені на всій Земній кулі: заселяють суходіл, мілководдя та глибини морів та океанів<sup>[48]</sup>, особливо численні у прибережній зоні<sup>[30]</sup>. Порівняно невелика кількість видів живе у прісних та солонуватих водоймах. Найбільше розмаїття м'якунів спостерігають у тропічних морях. Найглибоководніші молюски виявлені в Маріанській западині на глибині приблизно 11 000 м<sup>[49]</sup>, а на суходолі равлики поширені від тундри до тропіків та від низовин до верхніх поясів гір<sup>[30]</sup>.

#### Спосіб життя та поведінка[ред. | ред. код]

Молюски становлять численну й розмаїту групу тварин, спосіб життя яких також дуже різноманітний.

Хітони — рухливі, повільно плазуючі тварини; живляться водоростями, яких зішкрібають радулою з твердих поверхонь. Є хижі види<sup>[50]</sup>. Представники класу борозенчасточеревних утворюють високоспеціалізовану групу, вони мають червоподібне тіло й мешкають на гідроїдних та коралових поліпах<sup>[51]</sup>. Ямкохвості — морські червоподібні молюски, мешкають у ґрунті та живляться детритом або форамініферами<sup>[52]</sup>. Лопатоногі — вузькоспеціалізовані рийні організми<sup>[53]</sup>. Перші сучасні моноплакофори (*Neopilina galathea*) були виявлені в Тихому океані на глибині 3590 м<sup>[54]</sup>, тобто вони є морськими глибоководними організмами.

#### Червоногі]



Морський янгол *Clione limacina* — представник крилоногих молюсків

Червоногі — найчисленніший та найрізноманітніший клас молюсків, вони опанували всі середовища існування, окрім повітряного. Червоногі здебільшого є мешканцями морів, де поширені як у прибережній зоні, так і на великих глибинах, у найрізноманітніших температурних умовах<sup>[55]</sup>. Більшість з них повзає поверхнею дна, деякі ведуть рийний спосіб життя. Є червоногі,



які втратили мушлю й перейшли до плавучого способу життя: крилоногі (Pteropoda) та кіленогі (Heteropoda)<sup>[56]</sup>. Вони мають склоподібне та прозоре тіло, нога перетворилася на два великі крилоподібні плавці (у крилоногих) або утворює єдиний кілеподібний плавець (кіленогі)<sup>[55]</sup>.

Серед них є наземні види, що дихають за допомогою легень. Багато легневих переносять різкі коливання температури, впадаючи у сплячку — зимову на півночі, літню та зимову на півдні. Равлики переносять несприятливі умови у ґрунті, втягуючись у черепашку та закриваючи устя застиглою слизовою плівкою з великим вмістом вапна — *епіфрагмою*<sup>[55]</sup>. У деяких легневих (слизняків) мушля редукована. Слизняки можуть зариватися у ґрунт або прогризати порожнини у тканинах рослин, грибів та лишайників<sup>[57]</sup>. Є також хижі слизняки, що живляться іншими молюсками або олігохетами<sup>[58]</sup>.

Серед прісноводних молюсків є також вторинноводні, які дихають повітрям, а живуть у воді (ставковики, катушки)<sup>[56]</sup>.

Також є дуже невелика кількість паразитичних червононогих, як наприклад, *Eulima bilineata* та *Odostomia turrita*<sup>[59]</sup>, *Entocolax*, *Parenteroxenos*. Справжні паразити є лише серед передньозябрових, які переважно паразитують на шкірі або в порожнині тіла голкошкірих. Паразитичні червоногі через свій спосіб життя мають спрощену організацію: вони втратили мушлі, мантиї, ноги та інші органи аж до повної редукції травної, кровоносної та нервової систем<sup>[55]</sup>.

Особливу групу червононогих становлять коралобіонти (Coralliophilidae); їхня подібна до звивистої трубки мушля приростає до скелетів коралових поліпів. Верметиди зі схожими трубкоподібними черепашками формують щільні поселення на твердому субстраті<sup>[60]</sup>.

Морські блюдечка, що живуть у прибіжній смузі, мають виражений інстинкт «дому» (хомінг): під час припливу вони повзають камінням, зішкрібаючи водорості, а за відпливу повертаються щоразу на одне й те ж місце<sup>[61]</sup>.

#### Двостулкові [ред. | ред. код]



Морський фінік *Lithophaga truncata*

Двостулкові здебільшого біофільтратори<sup>[60]</sup>, ведуть малорухливий або нерухомий спосіб життя. Деякі при цьому прикріплюються до скель або водоростей бісусом (*Mytilus*, *Pinna* тощо), інші ж міцно приростають до

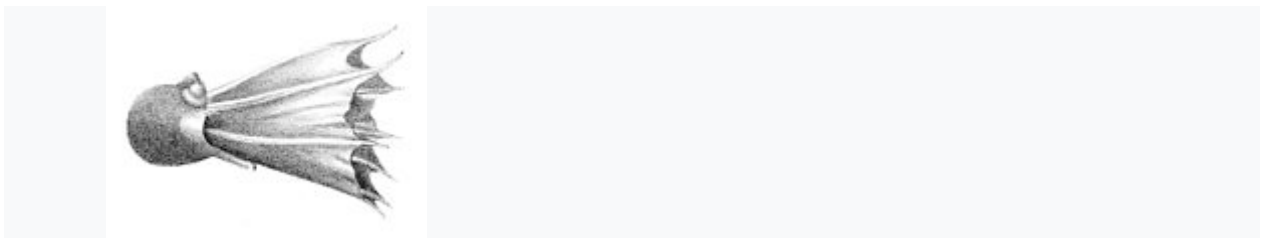
субстрату стулкою мушлі (*Ostrea, Pinctada*)<sup>[62]</sup>. Проте морські гребінці здатні до реактивного руху, лясаючи стулками мушлі завдяки потужному м'язу-замикачу; так гребінці можуть перепливати на невеликі відстані<sup>[63][64]</sup>.

Молюски-каменеточці з родини Морських фініків за допомогою спеціального кислого секрету мантийної залози проточують ходи у вапняку й закріплюються в них за допомогою бісусу, виставляючи назовні сифони<sup>[63]</sup>. М'якуни з родини Pholadidae також здатні пошкоджувати вапняки, пісковики та навіть бетон, а молюски-деревоточці (Teredinidae) пошкоджують занурені у воду дерев'яні частини човнів, кораблів та гідротехнічних споруд<sup>[65]</sup>.

Представники надряду Septibranchia ведуть переважно хижий спосіб життя<sup>[65]</sup>.

Двостулкові з роду *Entovalva* ведуть ендосімбіотичний спосіб життя і трапляються лише у стравоходах голотурій<sup>[66]</sup>.

### Головноногі



Глибоководний восьминіг *Amphitretus pelagicus* з перетинкою поміж щупальцями

Головноногі — здебільшого хижі морські тварини, що вільно плавають у товщі води<sup>[67]</sup>. Багато головноногих здатні до реактивного руху. Деякі головноногі ведуть придонний спосіб життя, часто ховаючись у щілинах між камінням. Серед глибоководних форм відомі м'якуни зі схожими на телескопи очима, що стирчать<sup>[68]</sup>.

Наутилуси є бенто-пелагічними молюсками, каракатиці ведуть некто-бентичний спосіб життя<sup>[69]</sup>, а кальмари — головним чином нектонні тварини, що завдяки торпедоподібному тілу активно плавають у товщі води<sup>[70]</sup>. Більшість восьминогів веде придонний спосіб життя, але серед них є нектонні та навіть планктонні організми<sup>[70]</sup>. У деяких донних восьминогів між щупальцями розташована тонка перетинка, що надає тварині вигляд диску, що лежить на дні<sup>[68]</sup>.

### Живлення

За типом живлення молюсків поділяють на фільтраторів, рослиноїдних, хижих, паразитів та падальників, їхні раціони надзвичайно різноманітні.

Рослиноїдні молюски живляться водоростями. Одні з них живляться мікроскопічними нитчастими водоростями, яких вони зішкрібають за допомогою радули з різних поверхонь. Інші живляться макроскопічними рослинами, наприклад, бурими водоростями, зішкрібаючи радулою їхню поверхню. В іншому випадку більші рослини з'їдаються частіше, ніж дрібніші, оскільки рослина має бути великою настільки, щоб на ній умістився молюск<sup>[71]</sup>.

Головоногі молюски здебільшого (а можливо, й повністю) є хижаками, тому в них радула має менше значення в порівнянні зі щупальцями та щелепами. Моноплакофори роду *Neopilina* використовують радулу звичайним чином, але до їхнього раціону входять найпростіші, наприклад, ксенофіофори *Stannophyllum*<sup>[72]</sup>. Голозяброві з групи Doridacea, а також деякі червононогі з групи Vetigastropoda живляться губками<sup>[73][74]</sup>. Є молюски, які живляться гідроїдними поліпами<sup>[75]</sup>. Червононогий хижий молюск *Charonia tritonis* живе серед коралових рифів і є одним із природних ворогів морської зірки «терновий вінець», яка руйнує корали<sup>[76]</sup>.



Молюск-деревоточець із роду *Teredo*

Деякі молюски мешкають у симбіозі з бактеріями, які залучені у процес їхнього травлення, або ж живляться за їх рахунок. Наприклад, у деяких двостулкових м'якунів роду *Solemya*, що мешкають у ґрунті, де багато сірководню (узбережжя, зайняті звалищами, промисловими підприємствами) травна система атрофується різною мірою, аж до повної редукції. Живляться ж такі молюски, ймовірно, бактеріями, які окислюють сірководень, що оселяються в зябрах молюска або вільно живуть у ґрунті, але яких молюск відфільтровує й перетравлює у клітинах зябер<sup>[77]</sup>. Молюски-деревоточці (представники родини двостулкових молюсків Teredinidae) мають червоподібне тіло й живляться зануреною у воду деревиною. У цей субстрат вони вгризаються свердловальним апаратом черепашки, яка в них редукована до двох маленьких пластинок на передньому кінці тіла. Через це деревина, пронизана численними ходами молюска-деревоточця, стає схожою на губку й легко руйнується. Перетравлювання деревини в молюсків-деревоточців здійснюють симбіотичні бактерії<sup>[78]</sup>.

Є також «фотосинтезуючі» молюски — задньозяброві червононогі з ряду Sacoglossa<sup>[79]</sup>. У їхніх тканинах накопичуються хлоропласти з'єдених водоростей, через що молюск набуває зеленого кольору й здатності до фотосинтезу. Це явище отримало назву *клеттопластія*.

У деяких голозябрових червононогих молюсків, що живляться гідроїдними поліпами, у порожнину спинних зябер вдаються зсередини відростки печінки, які містять неперетравлені жалкі клітини поліпів. У разі подразнення ці клітини вистрілюють і слугують для захисту молюсків<sup>[57]</sup>.

Екологія[ред. | ред. код]

### Значення в екосистемах

Через те, що молюски — надзвичайно численна та різноманітна група, представники якої пристосувалися до найрізноманітніших середовищ

існування та ведуть найрізноманітніший спосіб життя, від фільтраторів до хижаків та паразитів, їхні ролі в екосистемах також широко варіюють.

Морські молюски складають значну частину бентосу. Щільність молюсків на морському дні може досягати значення декількох тисяч особин на 1 м<sup>2</sup>. У товщі морської води численні активно плаваючі головоногі, що ведуть хижий спосіб життя<sup>[80]</sup>.

Молюски складають важливу ланку в ланцюгах живлення у водних і наземних екосистемах; спектр їхнього живлення надзвичайно широкий<sup>[80]</sup>. Дуже незначна кількість видів пристосувалася до паразитичного способу життя.

Особливо велика роль двостулкових молюсків як біофільтраторів, що очищають водойми від органічного забруднення. Крім того, вони поглинають та накопичують у своєму тілі важкі метали. Велика роль двостулкових і в утворенні осадових порід<sup>[81]</sup>.

### Природні вороги

Природні вороги наземних молюсків (тобто легеневих равликів) надзвичайно різноманітні. Ними живляться птахи, плазуни, ссавці, а також жуки родин Carabidae, Staphylinidae, Lampyridae, Drilidae та Silphidae. Деякі двокрилі теж є хижаками та паразитоїдами наземних молюсків. Інші хижаки наземних равликів: деякі планарії, хижі наземні равлики, двопарноногі та губоногі багатоніжки, клопи та павуки. На наземних молюсках паразитують деякі кліщі, нематоди, інфузорії, мікроспоридії<sup>[82]</sup>.



Молюск *Aplysia californica* викидає чорнильну рідину

Для захисту від хижаків морські молюски нерідко виділяють хімічні речовини, що діють на органи хімічного відчуття хижака. Наприклад, у каракатиць та інших головоногих є спеціальні чорнильні мішки, щоправда, чорнило вони використовують тоді, коли інші засоби — відкидання щупальця та секреція отрути — не спрацьовують. За допомогою таких речовин, наприклад, захищаються від своїх потенційних ворогів (птахів, риб, ракоподібних, актиній) черевоногі молюски з роду *Aplysia*. Основними ворогами головоногих молюсків також є риби та ракоподібні<sup>[83]</sup>.

Міцна округла мушля робить двостулкових молюсків малодоступними для хижаків. Проте багато тварин, тим не менш, живляться ними. Серед них риби, такі як короп<sup>[84]</sup>, та птахи, наприклад, кулики-сороки та лелеки-роззяви, які розкушують мушлі пристосованим для цього дзьобом<sup>[85]</sup>, та сріблястий мартин, що розбиває черепашки, кидаючи на них

каміння<sup>[86]</sup>. Калани живляться багатьма двостулковими молюсками, розбиваючи їхні мушлі за допомогою каміння<sup>[87]</sup>. Одним з головних хижаків арктичних вод, що харчуються двостулковими молюсками, є морж<sup>[88]</sup>. З безхребетних природними ворогами двостулкових є краби<sup>[89]</sup>, морські зірки та восьминоги<sup>[90]</sup>. Деякі черевоногі молюски — *Urosalpinx*, *Eupleura caudata*, *Polynices heros*, *Neverita duplicata* — також знищують двостулкових молюсків, зокрема цінних промислових тварин — устриць та мідій<sup>[91]</sup>.

Механізми захисту від ворогів у двостулкових молюсків різноманітні. Деякі закопуються у ґрунт, як, наприклад, *Siliqua patula*, яка здатна закопатися за 7 секунд<sup>[92]</sup>. Морські гребінці та деякі інші молюски здатні плавати, лясаючи стулками мушлі. Інші двостулкові молюски здатні відстрибувати від загрози на нозі, використовуючи її, як пружину<sup>[93]</sup>. Двостулкові, які мають сифони, можуть сховатися всередині мушлі, виставивши сифони назовні; якщо хижак обламає їх, вони регенеруються<sup>[94]</sup>. М'якуни з роду *Limaria* у разі роздратування виділяють токсичні речовини<sup>[95]</sup>.



Велетенська тридакна мешкає в симбіозі з найпростішими зооксантами, що поселяються на потовщеному краї мантиї

### Симбіонти

Є випадки симбіозу між молюсками та іншими безхребетними. Наприклад, черевоногий молюск *Colus gracilis* входить у симбіоз з актинією *Hormathia digitata*, яка при цьому оселяється на мушлі молюска<sup>[96]</sup>.

Описані також симбіотичні взаємовідносини між молюсками та найпростішими (одноклітинними водоростями). Зокрема, двостулковий молюск *Corculum cardissa* входить у симбіоз із найпростішими *Symbiodinium corculorum* з групи динофлагелят. Клітини найпростіших виявляють світловою або трансмісійною електроскопією переважно у тканинах мантиї та зябер молюска. Найпростіші (зооксанти) поселяються також у потовщеному краї мантиї велетенської тридакни, але, на відміну від *Corculum cardissa*, у клітинах зябер вони не виявлені<sup>[97][98]</sup>.

На мушлях молюсків розвивається одна зі стадій життєвого циклу червоних водоростей з роду *Porphyra*<sup>[99]</sup>.

### Біоломінесценція

Деякі морські молюски здатні до біоломінесценції. До них належать кілька незвичайних черевоногих, наприклад, м'якуни роду *Planaxis* та ефектні голозяброві слимаки роду *Phylliroe*<sup>[100]</sup>, а також двостулкові, такі як представники роду *Pholas*<sup>[101]</sup>. М'якун *Hinea brasiliiana* використовує дифузну

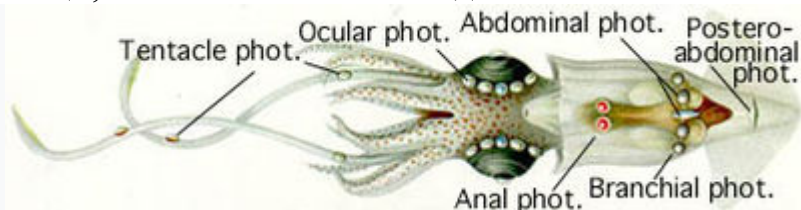
біоломінесценцію аби в очах хижака здаватися більшим і в такий спосіб його відлякати<sup>[100]</sup>.



Головоногий молюск *Vampyroteuthis* має світні органи по всьому тілу, включно з кінцями щупалець

Проте найбільша кількість молюсків, здатних до біоломінесценції, належить до класу Головоногих. Лише серед кальмарів їх налічують щонайменше 70 видів<sup>[102]</sup>. Декілька родів з родин Sepiolidae та Loliginidae випромінюють світло завдяки бактеріям-симбіонтам<sup>[103][104][105][106]</sup>. Решта кальмарів здатні світитися самостійно, використовуючи люмінесцентну

речовину люциферин та фермент люциферазу, що каталізує окислення люциферину<sup>[101]</sup>. Кальмари демонструють велике розмаїття структур, що беруть участь у біоломінесценції. Більшість має 2 вентральних фотофори — органи, що випромінюють світло<sup>[107]</sup>. Глибоководний молюск *Vampyroteuthis* має настільки своєрідні органи світіння, що його навіть виокремили в самостійний ряд. На додачу до двох великих мантийних фотофорів та маленьких світних органів, розкиданих усім тілом, він здатний випромінювати світло спеціальними органами на кінцях щупалець; ймовірно так він збиває з пантелику хижаків<sup>[108]</sup>. Кальмар *Octopoteuthis* має велику кольорову розмаїтість забарвлення, використовує кінці щупалець, які випромінюють світло, як принаду для здобичі. Якщо його потурбувати, він здатен відкидати щупальця<sup>[109]</sup>. Дуже активний молюск *Taningia danae* має клешнеподібні гачки на щупальцях замість присосків та великі (до 2 м) органи світіння на кінцях щупалець. Припускається, що він використовує люмінесценцію для внутрішньовидової комунікації, а також засліплення здобичі<sup>[101]</sup>.



Розташування фотофорів на тілі кальмара *Lycoteuthis lorigera*: щупальцеві, очні, абдомінальні, постабдомінальні, зяброві та анальні фотофори.

Восьминоги також здатні до біоломінесценції. Саміці пелагічних глибоководних восьминогів родів *Japetella* та *Eledonella* мають зеленувато-жовте кільце навколо рота, яке тільки періодично люмінесціює<sup>[110]</sup>; це може відігравати роль у розмноженні<sup>[111]</sup>. У *Stauroteuthis* та інших родів глибоководних восьминогів є

присоски, що випромінюють світло. Вважають, що сяючі лінії, розташовані вздовж щупалець, використовуються для принаджування здобичі<sup>[112]</sup>.

Отже, розмаїття світних структур у головоногих, як і в молюсків загалом, надзвичайно велике, і кількість їх незалежних появ у процесі еволюції значно більша, ніж вважається<sup>[101]</sup>.

### Захворювання молюсків[

Молюски схильні до низки вірусних, бактеріальних та паразитичних захворювань. Прикладами вірусних захворювань молюсків можуть бути вірусний гангліоневрит абалонів (англ. *abalone viral ganglioneuritis (AVG)*)<sup>[113]</sup> та герпесоподібна вірусна інфекція (англ. *herpes-like virus infection*); бактеріальних — хвороба коричневого кільця (англ. *brown ring disease*) та фіброз личинок та молодих особин (англ. *larval/juvenile fibrosis*); паразитичних — перкінсоз (англ. *perkinsosis*), мартеїліоз (англ. *marteiliosis*), бонаміоз (англ. *bonamiosis*), гаплоспоридіоз (англ. *haplosporidiosis*) та митіліколиз (англ. *mytilicolosis*)<sup>[114]</sup>.

Механізми захисту в молюсків наразі значною мірою залишаються нез'ясованими. Наприкінці ХХ століття вважалося, що в молюсків відсутні імуноглобуліни (антитіла) та набутий імунітет. Головним механізмом захисту вважався фагоцитоз. Проте останнім часом було встановлено велику різноманітність типів кров'яних клітин (гемоцитів) молюсків та їхні відмінності в різних груп м'якунів; так, в абалонів та морських гребінців не були виявлені гранулоцити, а в інших червононогих — виявлені. Походження, життєвий цикл, період життя, функції кожного типу клітин ще належить визначити<sup>[115]</sup>.

Деякі збудники захворювань молюсків здатні впливати на імунну відповідь господаря, модифікуючи її. Наприклад, мікроклітини *Bonamia roughleyi* стимулюють фагоцитоз себе гемоцитами господаря, що підходять. Проте бактерію це не вбиває, навпаки, її клітини продовжують розмножуватися усередині клітини-господаря, зрештою лізуючи її оболонку та вивільняючись назовні. Це призводить до масового руйнування кров'яних клітин та загибелі господаря — устриці<sup>[115]</sup>.

Відомі випадки, коли хімічні речовини, що виділяються патогеном, каструють молюска. Наприклад, речовини, що виділяються спороцитами *Zoogonius rubellus*, каструють його господаря — морського червононогого *Nassarius obsoletus*. Дослідження прісноводних равликів *Lymnaea stagnalis*, заражених трематодою *Trichobilharzia ocellata*, показали, що речовини, які секретуються трематодою, змінюють експресію генів господаря, що пригнічує мітотичні поділи в чоловічому копулятивному органі та стимулює розвиток жіночих спинних ендокринних тілець. Схожа ситуація спостерігається в молюска *Haliotis asinina* та трематоди *Allopodocotyle*. Шистосома *Schistosoma mansoni* використовує для власних потреб нейромедіатори серотонін та дофамін господаря, *Biomphalaria glabra*, викликаючи, зміни в його ендокринній системі<sup>[115]</sup>.

**Тип Молюски (Mollusca)** деякі автори поділяють на 2 систематичні групи, яким іноді надають ранг підтипу: Боконервові (Aculifera), що об'єднує панцирних та безпанцирних молюсків, та Черепашкові (Conchifera), яка включає всі інші сучасні класи.

Серед науковців-малакологів є різні думки щодо кількості класів молюсків. Найчастіше описують 8 сучасних<sup>[118]</sup> та принаймні 2 викопних<sup>[119]</sup> класи м'якунів:



Хітон *Tonicella lineata*, панцирні



Зовнішній та внутрішній боки стулок мушлі беззубки звичайної, одного з найпоширеніших двостулкових молюсків України



Мушля *Syrinx aruanus*, найбільшого з червононогих молюсків



Восьминіг *Octopus cyanea*, головоногі

**Ямкохвості (Caudofoveata)** — дрібні червоподібні тварини, які мешкають у товщі пухкого морського осаду на глибинах від 200 до 3000 м<sup>[120]</sup>, де займають екологічну нішу вибіркового детритофагів або хижаків. Довжина тіла зазвичай становить 1—15 мм, деякі особини можуть досягати 30 мм<sup>[121]</sup>. Клас нараховує 120 сучасних видів<sup>[118]</sup>.

**Борозенчасточеревні (Solenogastres)** — морські молюски, які мешкають переважно в колоніях гідроїдних та коралових поліпів, по яких повзають, згинаючи червоподібне тіло. Трапляються на глибинах від 200 до 3000 м<sup>[120]</sup>. У зв'язку з вузькою спеціалізацією до перебування на колоніях



поліпів у більшості редукована мантийна порожнина, зябра та частково нога; розвинений захисний кутикулярний покрив, шкірно-м'язовий мішок, спеціалізована радула<sup>[51]</sup>. Довжина тіла зазвичай становить від 0,5 до 25 мм<sup>[122]</sup>, лише один вид сягає 25 см<sup>[123]</sup>. Нараховують 200 сучасних видів<sup>[118]</sup>.

**Панцирні (Polyplacophora)** — морські повільно плазуючі тварини; живляться, зішкрібаючи водорості з твердого субстрату, до якого присмоктуються підошвою ноги. Невелика кількість є хижаками. На спинному боці — панцир з 8 пластинок; у разі небезпеки можуть згортатися в кулю, подібно до їжака, виставляючи пластинки назовні. Мантийна порожнина має багато пар зябер. Нога оснащена підошвою<sup>[50][124]</sup>. Розміри від менше ніж 1 см<sup>[125]</sup> до 36 см за ваги до 2 кг (*Cryptochiton stelleri*)<sup>[126]</sup>. Клас нараховує приблизно 1000 сучасних видів<sup>[118]</sup>.

**Моноплакофори (Monoplacophora)** — один із найпримітивніших класів м'якунів, представники якого мають архаїчні риси — збережені великі ціломічні порожнини, метамерію в будові деяких систем органів, примітивну нервову систему<sup>[127]</sup>. Мушля має вигляд шапочки. Розміри дрібні, лише кілька сантиметрів завдовжки. Глибоководні морські молюски, мешкають на глибинах від 1800 до 7000 м, один вид трапляється на глибині приблизно 200 м<sup>[120]</sup>. Відомий 31 сучасний вид<sup>[118]</sup>.

**Двостулкові (Bivalvia)** — виключно водяні, прісноводні та морські м'якуни, найхарактерніші особливості будови яких — черепашка, складена з двох стулочок, розташованих з боків тіла, та редукція голови і всіх пов'язаних із нею утворень, включно з радулою. Складки мантиї переважної більшості двостулкових молюсків утворюють на задньому кінці тіла ввідний та вивідний сифони, за допомогою яких двостулкові створюють потік води в мантийній порожнині<sup>[128][129]</sup>. Розміри стулочок черепашки *велетенської тридакни*, найбільшого двостулкового молюска, можуть сягати майже 140 см, а вага до 333 кг<sup>[130]</sup>. Клас нараховує приблизно 20 000 сучасних видів<sup>[118]</sup>.

**Лопатоногі (Scaphopoda)** — виключно морські бентосні молюски, що мешкають від літоралі до глибин у 7000 м<sup>[131]</sup>. Довжина тіла від 1,5 мм до 15 см. Тіло двосторонньо-симетричне, поміщене у трубчасту мушлю, що нагадує вигнуте ікло або бивень слона. Нога (у деяких видів редукована) зазвичай оснащена придатками у вигляді пари бічних лопатей або зубчастого диска та пристосована до риття у ґрунті. На голові є рот та численні ниткоподібні придатки (*каптакули*), призначені для пошуку та захоплення їжі. Глотка зі щелепою та радулою (по 5 зубів у кожному сегменті). Зябра скорочені, очей немає. Кровоносна система лакунарного типу, циркуляція крові відбувається завдяки скороченням ноги<sup>[132]</sup>. Нараховують приблизно 500 сучасних видів<sup>[118]</sup>.

**Червононогі (Gastropoda)** — найчисленніший клас молюсків, до якого належать приблизно 70 000 (80 % усіх сучасних видів м'якунів)<sup>[118]</sup>. Головна ознака представників класу — *торсія*, тобто поворот вісцерального мішка на 180°. Крім того, гастроподам здебільшого притаманна наявність турбоспіральної черепашки. Червононогі м'якуни широко розповсюджені на

суходолі, у прісних та морських водоймах<sup>[133]</sup>. Розміри червононогих складають від 0,5 мм (деякі наземні равлики, найменші серед молюсків) до 90 см (довжина мушлі) за ваги до 18 кг (*Syrinx aruanus*)<sup>[134]</sup>.

**Головоногі (Cephalopoda)** — виключно морські молюски, яким властиві двостороння симетрія та 8, 10 або більша кількість щупалець навколо голови, що розвинулися з ноги<sup>[135]</sup>. У представників підкласу Coleoidea, або двозябрових, мушля редукована чи повністю відсутня, тоді як у представників Nautiloidea збереглася зовнішня мушля. Головоногі мають найбільш досконалу з безхребетних кровоносну та найбільш розвинену нервову системи<sup>[136]</sup>. До головоногих належать наутилуси, кальмари, каракатиці та восьминоги. Розміри головоногих молюсків складають від 1 см довжини за ваги приблизно 0,2 г у каракатиць роду *Idiosepius*<sup>[137]</sup> до 10 м довжини й ваги до 495 кг у велетенських кальмарів<sup>[7]</sup>, найбільших безхребетних тварин. Описано приблизно 900 сучасних та 11 000 викопних видів.

**ТЕМА 12**  
**ТИП ХОРДОВІ. КЛАС КЛУГРОРОТІ. НАДКЛАС РИБИ. КЛАС**  
**ХРЯЩЕВІ ТА КІСТКОВІ РИБИ. 2 год**

*Хордові — це тварини з внутрішнім осьовим скелетом, основу якого становить хорда. Хорда є віссю всього організму і являє собою пружний еластичний стрижень. До неї прикріплюються скелет, м'язи і внутрішні органи*

**Загальна характеристика хордових**

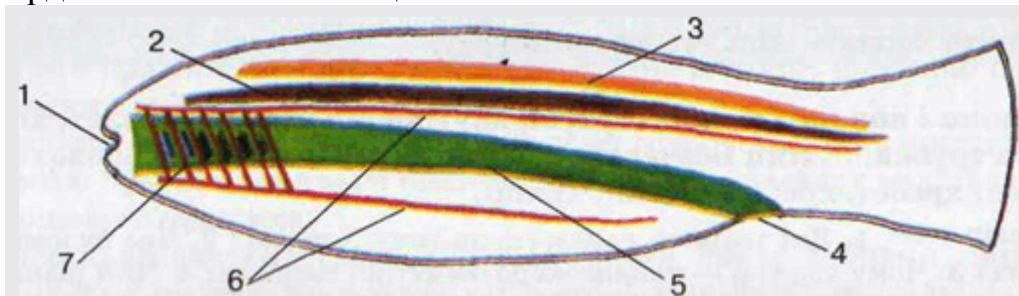
Усі тварини, що належать до типу Хордові, мають спільні ознаки будови:

- головна опора тіла — хорда, яка тягнеться вздовж усього тіла;
- на спинному боці над хордою проходить нервова трубка;
- м'язи розміщуються по боках тіла у вигляді тяжів;
- внутрішні органи (кишечник, який відкривається на передньому кінці тіла ротом і закінчується анальним отвором, травні залози, серце, нирки і статеві органи) містяться в порожнині тіла під осьовим скелетом.

Хордові — це найвисокоорганізованіші представники царства Тварини. Розвинена нервова система хордових тварин забезпечує певну розумову діяльність і складну поведінку, яка у високорозвинених тварин виявляється в піклуванні про потомство, утворенні родинних угруповань, в яких особини одного виду об'єднані певними взаємовідносинами.

Вони пересуваються найшвидше від усіх тварин, тому спроможні легко добувати їжу і уникати небезпеки. Завдяки досконалій системі внутрішніх органів представники типу Хордові пристосувалися до різноманітних середовищ існування: на землі, під землею, у воді.

Не випадково серед багатоклітинних тварин єдиними жителями Антарктиди (континенту, де температура повітря не буває вищою від +1 °С) є саме хордові — птахи та ссавці.



Мал. 1 - Схема будови хордової тварини: 1 — ротовий отвір; 2 — хорда; 3 — нервова трубка; 4 — анальний отвір; 5 — кишечник; 6 — кровоносні судини; 7 — зябра.

Головною ознакою досконалості хордових тварин є наявність внутрішнього осьового скелета, який забезпечує організму надійну опору, захист і одночасно легкість. Хордові позбавлені необхідності носити важкий панцир, тому вони мають змогу нарощувати масу м'язів, розвивати системи

внутрішніх органів і, найголовніше, — нервову систему, яка керує всіма життєвими процесами.

Збільшення розмірів головного мозку допомагає хордовим тваринам не лише швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі, тікати від ворогів або добувати їжу, а й засвоювати уроки життя.

Завдяки легкості скелета, а також його здатності рости протягом усього життя навіть найменші хордові тварини стають велетами порівняно з найчисленнішою групою безхребетних тварин — комахами. Пічкурі й карасі, миші й жаби, маленькі ящірки й найдрібніші пташки — колібри порівняно із середніми за розмірами комахами співвідносяться навіть не як слон і людина, а як велетенський динозавр і людина.

**Тип Хордові поділяють на два підтипи: підтип Безчерепні та підтип Хребетні.**

До підтипу Безчерепні належать примітивні морські хордові тварини, які утворюють клас Головохордові.

Підтип Хребетні об'єднує хордових тварин, що мають скелет голови — череп, а їхня хорда перетворюється на хребет, що складається з окремих сегментів — хребців.

Внутрішній скелет хребетних здебільшого складається з трьох відділів.

- Скелет тулуба (осьовий скелет), або хребет, — це видозмінена хорда, її складають кісткові або хрящові структури — хребці, які запобігають механічному ушкодженню нервової трубки.

- Скелет голови (череп) — невід'ємний елемент структури скелета усіх хребетних тварин, — складається з великої кількості кісток і хрящів. Череп захищає головний мозок від шкідливих впливів навколишнього середовища.

- Скелет кінцівок утворюють кістки або хрящі, що є опорою кінцівок, а також кістки, за допомогою яких кінцівки прикріплюються до осьового скелета.

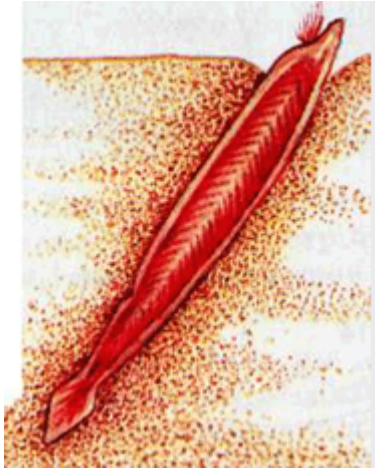
Хордові тварини мають внутрішній осьовий скелет, основу якого становить хорда — вісь усього організму.

**Підтип Безчерепні. Клас Головохордові**

Головохордові — це невеликі морські тварини, скелет яких складає гнучка хрящова хорда — спинна струна, а нервова система представлена нервовою трубкою. Головного мозку і черепа головохордові не мають.

Розглянемо загальний вигляд, спосіб життя і системи органів головохордових тварин на прикладі ланцетника звичайного, що живе в Чорному морі.

Загальний вигляд і спосіб життя. Ланцетник — це невелика (завдовжки 3—6 см) напівпрозора тварина блідо-рожевого кольору. Тіло ланцетника сплюснене з боків. Уздовж спини проходить спинний плавець, який переходить у хвостовий плавець, що за формою нагадує хірургічний інструмент — ланцет. На нижньому боці міститься підхвостовий плавець, який по боках тіла переходить у складки.



Мал. 2 - Загальний вигляд ланцетника.

Зовні ланцетник зовсім не схожий на решту представників типу, тому в описі, зробленому 1774 року, його класифікували як молюска і назвали "ланцитоподібним слимаком".

Ланцетник живе на дні моря на глибині 30-40 м, зарившись у пісок так, що видно лише передній кінець тіла. Живиться він мікроскоп і ч ними організмами, водоростями і найпростішими, яких втягує до рота а водою. Ланцетник активний уночі, а яскравого світла уникає.

**Опорно-рухова система.** Скелет ланцетника представлений хордою і являє собою пружний стрижень, що складається зі щільної тканини. Вздовж обох боків тіла тягнуться дві поздовжні м'язні стрічки, поділені поперечними перегородками на сегменти.

**Травна система** починається круглястим передротовим отвором, оточеним щупальцями. Цей отвір веде до ротової порожнини, далі — в глотку. Стінки глотки пронизані зябровими щілинами. Мікроорганізми, які містяться у воді, осідають у глотці, а звідти потрапляють у кишечник. Він прямий, має лише один виріст, що виконує функцію печінки. Кишечник закінчується анальним отвором.

**Видільна система** являє собою систему трубочок, що пронизують тіло. За своєю будовою видільна система ланцетника нагадує, видільну систему дощового черв'яка.

**Кровоносна система** ланцетника замкнена, тобто кров рухається лише по судинах завдяки скороченню їх стінок. Кровоносних судин кілька. Дві основні розміщуються на черевному і спинному боці тіла. По черевній судині, що називається веною, рухається кров, насичена вуглекислим газом, — венозна кров. У капілярах перегородок зябрових щілин венозна кров збагачується киснем і стає артеріальною. Потім від спинної артерії вона рухається по судинах усього тіла. Кров у ланцетника безбарвна.

**Нервова система і органи чуття.** Вздовж усього тіла ланцетника тягнеться нервова трубка, яка по всій своїй довжині має однакову будову і достатньо рівномірну товщину. Тому вважають, що, на відміну від решти хордових, ланцетник не має головного мозку.

Органи чуття ланцетника примітивні й недорозвинені. На передньому кінці тіла містяться нюхальна ямка і непарна світлочутлива пляма.

**Розмноження і розвиток.** Ланцетники - роздільностатеві тварини. Самки викидають у воду яйцеклітини — ікру, яку запліднюють статеві клітини самців. З ікринок з'являються личинки, які близько трьох місяців живуть у товщі води, живлячись планктонними тваринами. Потім личинки опускаються на дно. Тривалість життя ланцетника — до 4 років.

### **Різноманітність головохордових**

До підтипу головохордові належить лише кілька десятків видів тварин, що живуть у прибережній зоні морів та океанів. Головохордові ведуть переважно придонний спосіб життя, тільки окрема група ланцетників живе в товщі води.

Головохордові — це найпримітивніші хордові тварини, скелет яких складається лише з хорди. Вони мають примітивну нервову систему, недорозвинені органи чуття, їх видільна система побудована за тим самим принципом, що й у кільчастих червів.

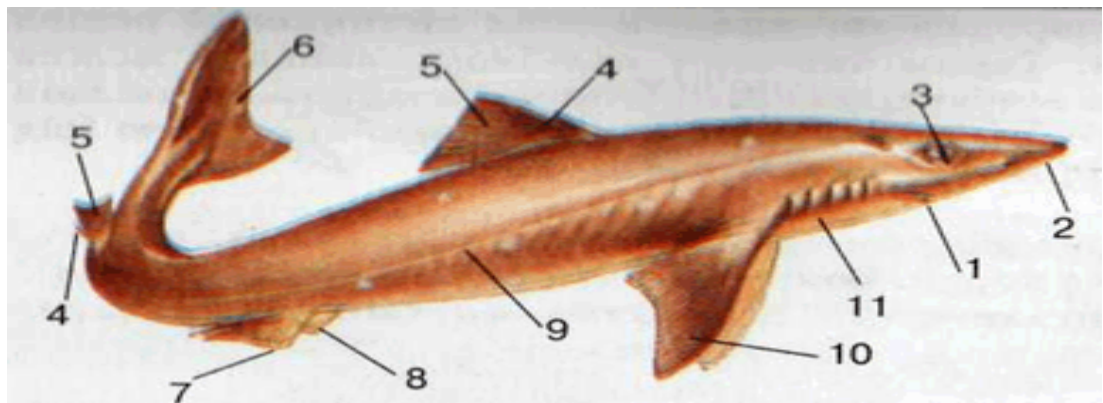
**Підтип Хребетні.** До підтипу Хребетні належать декілька класів найбільш високоорганізованих тварин. Серед них два класи риб — **Хрящові риби і Кісткові риби**, — представники яких різняться особливостями будови тіла, розмноження і розвитку.

До класу Хрящові риби належать найдавніші великі за розмірами хребетні тварини, поширені в морях та океанах. Вони майже не живуть у прісних водоймах.

Розглядаємо спосіб життя, будову і системи внутрішніх органів хрящових риб на прикладі колючої акули (катрана).

**Спосіб життя.** Колюча акула — невелика (завдовжки до 1 м), швидка і рухлива тварина, поширена в помірно теплих прибережних водах Чорного моря. Веде зграйний спосіб життя, опускається на глибину близько 150—200 метрів. Живиться переважно рибою, що трапляється на дні моря, головоногими молюсками і навіть великими червами. Небезпеки для людини не становить.

Будова тіла: тіло акули, як і решти хребетних тварин, складається з двох частин: осьової (голова, тулуб, хвіст) та периферійної (кінцівки) (мал. 3).



Мал. 3 - Будова акули

1 — ротовий отвір; 2 — бризкальця; 3 — око; 4 — шипи; 5 — спинні плавці; 6 — хвостовий плавець; 7 — черевний плавець; 8 — клоака; 9 — бічна лінія; 10 — грудний плавець; 11 — зяброві щілини.

На голові акули розташовані поперечний щілиноподібний рот і пенеликі очі (по боках голови). За очима містяться спеціальні отвори, що нагадують ніздрі, — бризкальця. Зябра відкриваються 5—7 зябровими щілинами.

**Покриви тіла.** Шкіра акули вкрита дуже гострою і міцною лускою — шкіряними зубами. Свою назву вони дістали не випадково, бо зуби акули — це не що інше як видозмінені луски.

**Опорно-рухова система.** Скелет акули побудований лише з хряща. Основні відділи скелета: хребет, череп із зябровим апаратом і скелет кінцівок.

**Мускулатура колючої акули сегментована.** Поздовжні м'язи тулуба утворені з окремих сегментів. М'язи розміщені також і на голові.

**Травна система** починається щілиноподібним ротом, рот переходить у ротову порожнину. Нижня й верхня щелепи мають гострі зуби. Через глотку і короткий стравохід їжа потрапляє у шлунок. Від шлунка відходить кишечник, поділений на окремі відділи. Кишечник закінчується клоакою — розширеною частиною його заднього відділу.

**Видільна система.** Очищення крові від різноманітних шкідливих речовин відбувається в нирках. (Пригадай, як відбувається процес виведення шкідливих речовин у комах.) Нирки акули лежать нижче від хребта майже вздовж усього тіла, тому вони дістали назву тулубових. Від нирок відходять видільні каналці, що відкриваються в клоаку.

**Дихальна система.** Колюча акула дихає зябрами, які розміщені на зябрових дугах. Від них відходять пронизані капілярами зяброві пелюстки. У капілярах відбувається газообмін. Акула не має органів, що забезпечують обмивання зябрового апарату водою, тому вона весь час перебуває в русі, заковтуючи ротом воду. Через рот вода надходить у глотку, потім обмиває зябра і крізь зяброві щілини виходить назовні.

**Кровоносна система.** Серце акули двокамерне, складається з передсердя і шлуночка. Серце пульсує, проштовхуючи кров, що містить вуглекислий газ. Проходячи крізь зябра, вона насичується киснем. Після цього частина збагаченої киснем крові надходить до головного мозку, а решта — до внутрішніх органів та м'язів. Тут артеріальна кров віддає клітинам тіла кисень, поглинає вуглекислий газ і знову надходить у вени. Венозна кров від різних органів тече по венах до серця, яке знов проштовхує її в зябра. Такий замкнений цикл руху крові складає коло кровообігу.

**Нервова система.** Головний мозок акули добре розвинений і складається з п'яти відділів. Найкраще розвинені мозочок, який координує рухи, і передній мозок, що контролює розумову діяльність. Уздовж усього тіла в спеціальному каналі хребта проходить спинний мозок.

**Органи чуття.** Важливу роль в орієнтації акулі відіграє особливий орган — бічна лінія, завдяки їй риба відчуває найменшу вібрацію води. Органами нюху є носові ямки, зовнішні отвори яких виходять у глотку. Завдяки органам нюху акула здатна відчувати запах речовин, які виділяє перелякана жертва. Якщо в басейн вилити воду з акваріума, в якому плавала перелякана риба, то акулі в басейні негайно заметушаться в пошуках здобичі.

Очі акулі мають м'язи, плоску роговицю і крупні кулеподібні кришталіки, які здатні рухатись і допомагають стежити за здобиччю.

Орган слуху представлений внутрішнім вухом, розміщеним у черепі.

Цікаво що:

- Гострі, як лезо бритви, зуби акулі швидко зношуються. Протягом життя акула змінює понад 1000 зубів, нові зуби виростають швидко — усього за 8 днів.

Хрящові риби — великі за розміром морські тварини, хрящовий скелет яких складається з трьох частин: скелета голови, осьового скелета і скелета кінцівок. Вони мають парні кінцівки, зяброві щілини і особливу луску — шкіряні зуби.

### **Клас Кісткові риби**

Кісткові риби - хребетні тварини, що мають ряд пристосувань до водяного способу життя:

- основний спосіб пересування - плавання;
- обтічна форма тіла;
- нерухоме зчленування голови з тулубом;
- черешицеподібне розташування луски;
- органи руху - плавці, що виконують, крім того, функцію стабілізаторів (забезпечують стійкість тіла у воді) і рулів глибини;
- дихання за допомогою зябер;
- наявність плавального міхура;
- особливий орган чуття - бічна лінія.

Кісткові риби населяють найрізноманітніші водойми: прісні (ставки, ріки, озера) і солоні (моря, океани).

Форма тіла цих тварин переважно веретеноподібна, обтічна, що дозволяє зменшувати опір води при плаванні. Голова плавно переходить у тулуб, а останній – у хвіст. Тіло кісткових риб вкрите кістковими лусками, які налягають одна на одну. У більшості видів це т.зв. **ктеноїдна** (зовнішній край пластинки має зазублини) чи **циклоїдна** (зовнішній край рівний) луска. На кожній лусочці розрізняються річні кільця, по яких можна визначити вік риби. Шкіра має велику кількість залоз, що виділяють слизуватий секрет, який зменшує тертя під час плавання. У кісткових риб є парні плавці (грудні і черевні), а також непарні - спинний, хвостовий і анальний.

У скелеті кісткових риб, на відміну від хрящових, є кісткова тканина. Окостеніння скелета має велике пристосувальне значення, тому що воно сприяє розвитку міцної опори для м'язів. Осьовий скелет представлений **хребтом**, що складається з численних хребців, між тілами



яких зберігаються залишки **хорди**. Як і в хрящових, хребет кісткових риб підрозділяється на тулубовий і хвостовий відділи. Верхні дуги хребців утворюють спинномозковий канал і закінчуються верхніми остистими відростками; а нижні в хвостовому відділі утворюють гемальний канал і закінчуються нижніми остистими відростками, а в тулубовому служать місцем прикріплення ребер. Скелет **черепа** утворений мозковим відділом (черепна коробка), що захищає головний мозок, і *вісцеральним* відділом. Останній складається зі скелета зябрового апарата і щелеп. У кісткових риб, на відміну від хрящових, є зяброва кришка, що прикриває ззовні зяброві щілини. Пояса кінцівок (парних плавців) з осьовим скелетом не з'єднані.

М'язова система сегментована. Найбільше диференційовані м'язи парних плавців і ротового апарата.

Більшість риб несе на щелепах численні гострі зуби, що служать переважно для утримання здобичі, а не для її механічної обробки. У риб зуби розташовуються також на кістках зябрового апарата й інших елементів вісцерального черепа. Це так звані *глоткові зуби*. **Травнатрубка** починається ротовою порожниною, яка переходить у глотку, що прорізана зябровими щілинами. Наступний відділ - стравохід, що відкривається в об'ємистий шлунок. Кишечник у кісткових риб диференційований слабо. Спірального клапана немає (він зберігається лише в примітивних представників класу, наприклад, в осетрових). Характерною рисою кісткових риб є наявність *пілоричних придатків* - сліпих виростів кишкової трубки, що відкриваються в початковій частині дванадцятипалої кишки. Ці структури беруть участь у процесах травлення й усмоктування, збільшуючи загальну поверхню кишечника. Є **печінка з жовчним міхуром, підшлункова залоза** представлена дрібними часточками.

**Кровоносна система**, як і в хрящових риб, складається з одного кола кровообігу. Від серця кров надходить до зябер, де в результаті газообміну віддає вуглекислий газ і насичується киснем, після чого розноситься до різних частин тіла. Серце **двокамерне**, артеріального конуса немає.

**Органи дихання** риб, пристосовані для газообміну у воді - **зябра**. Вода через рот надходить у глотку, потім проходить через зяброві щілини, омиває при цьому зябра (які також складаються з зябрових пелюсток, де відбувається газообмін) і виводиться назовні. В деяких риб є пристосування для дихання атмосферним повітрям. Роль легень може виконувати (наприклад, у панцирної щуки) **плавальний міхур** - порожнє мішкоподібне утворення, що розвивається з задньої частини глотки. Взагалі ж у більшості риб цей орган функціонує як гідростатичний орган, що регулює густину тіла та дозволяє регулювати положення в товщі води без зайвих витрат енергії. Він здатний як забирати гази з кровотоку, так і повертати їх назад у кров, змінюючи тим самим питому вагу тіла риби. У такий спосіб тварини регулюють глибину занурення в товщу води.

**Видільна система** кісткових риб представлена стрічкоподібними **тулубовими нирками**, що розташовуються з боків хребта. Від них відходять сечоводи, що впадають у сечовий міхур. Останній

відкривається окремим отвором на задньому кінці тіла. Головний мозок риб розвинений відносно слабо. Передній мозок ще не розділений на півкулі і не має кори. У порівнянні з іншими відділами найбільш виражений середній мозок, у якому знаходяться зорові центри. Крім того, добре розвинений мозочок, який відповідає за орієнтацію тіла в просторі та координацію рухів. Органи чуття розвинені відносно слабо. Риби чітко бачать тільки на близькій відстані – їхній кулястий **кришталік** не здатний змінювати свою кривизну; акомодация здійснюється лише завдяки його переміщенню (наближенню чи віддаленню від очного дна). В більшості риб добре розвинений нюх. Особливим утворенням, завдяки якому риби реагують на коливання водяного середовища, сприймаючи зміни тиску і напрямку струму води, є **бічна лінія**. Вона утворена системою каналів, що лежать з боків тіла, на дні яких розташовані спеціалізовані нервові клітини. З зовнішнім середовищем ці канали сполучаються через отвори в лусках, які вкривають їх.

Хрящові риби роздільностатеві. **Сім'яники** розташовуються в черевній порожнині біля стравоходу. **Сім'явиносні каналці** впадають у каналці передньої частини нирок, що відкриваються в **сечовід**. Зрілі статеві продукти із сечостатевої системи попадають у клоаку. **Яєчники** самок також розташовані біля стравоходу. **Яйцеклітини** випадають у порожнину тіла, а з неї в лійки **яйцепроводів**, що відкриваються в клоаку. Характерною рисою хрящових риб є **внутрішнє запліднення**. Самець вводить статеві продукти в клоаку самки за допомогою спеціальних копулятивних органів. Утворення зиготи відбувається в яйцепроводах. Серед представників класу зустрічаються **яєцєродіння** (самки відкладають яйця, котрі розвиваються у воді) та **яйцєживородіння** (розвиток відбувається всередині тіла самки, яка народжує здатних до самостійного життя малят).

Статева система кісткових риб представлена в самців двома подовженими **сім'яниками** (*молоками*). **Сім'япроводи**, що відходять від них, відкриваються назовні загальним статевим отвором, що знаходиться за анальним. Самки мають один чи два **яєчники**, у яких розвиваються численні яйцеклітини (ікринки). Запліднення в більшості **зовнішнє**. Самка відкладає ікру, яка запліднюється самцем.

### 12.3. Різноманітність

До класу Хрящові риби відносяться близько 660 видів. У цю групу входять два підкласи – пластнчастозяброві (акули – плащеносна, тигрова акула, катран – і скати – хвостокіл, пила-риба, манта) і суцільноголові (химери).

Клас Кісткові риби - найбільш численна група хребетних тварин (близько 20000 видів), яких відносять до двох підкласів: Лопатопері та Променепері.

До Лопатеперих відносяться, зокрема, кистепері (*латімерія*) та дводишачі (*протоптер*, *лепідосирен*).

Основні представники підкласу Променепері:

Ряд осетроподібні - *білуга*, *осетер*, *стерлядь*;

Ряд лососеподібні - *лосось, сьомга, форель*;

Ряд коропоподібні - *лящ, сазан, карась, товстолобик*;

Ряд трескоподібні - *тріска, хек, минтай*;

Ряд окунеподібні - *окунь, судак*.

#### 12.4. Екологія та поведінка

Всі представники обох класів – водні тварини, які активно плавають (нектон) або ведуть придонний спосіб життя (бентосні організми). Переважна більшість – активні хижаки або рослиноїдні, є також фільтратори.

Для більшості риб характерні міграції. Вони можуть бути пов'язані зі зміною місцеперебувань і заняттям нових територій (розселительні), відходом на зимівлю (зимувальні), пошуком їжі (кормові), сезонністю розмноження (нерестові). Останні спостерігаються в прохідних риб, що живуть у морях, але розмножуються в річках. До них відносяться осетри, *севрюга, білуга* та ін. (розмножуються кілька разів протягом життя), а також *кета, горбуша* та ін. (гинуть після нересту). Невелика кількість риб, навпроти, мігрує для розмноження з прісноводних водойм у моря (*річковий вугор, філіппінські бички*). Крім того, розрізняють активні і пасивні міграції (в останньому випадку риби пасивно переносяться течією; так мігрують личинки багатьох риб, що ідуть на розмноження в ріки). За періодичністю міграції можуть бути, наприклад, добовими, сезонними (пов'язаними з певними порами року).

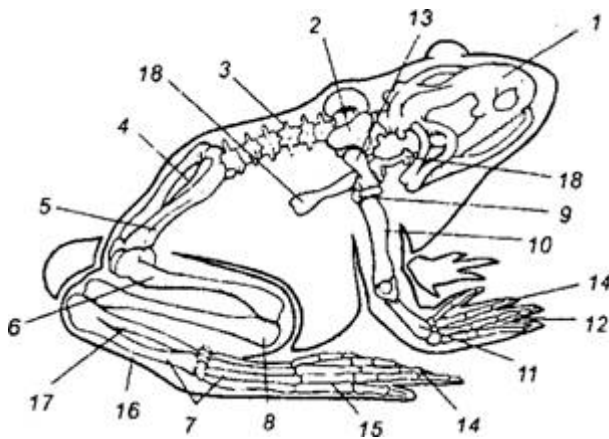
## ТЕМА 13 КЛАС ЗЕМНОВОДНІ ТА ПЛАЗУНИ

### КЛАС ЗЕМНОВОДНІ

Земноводні, або амфібії, – перші наземні хребетні, що ще зберегли зв'язок з водним середовищем. Клас нараховує 3900 видів і включає 3 ряди: хвостаті (саламандри, тритони), безногі (тропічні черв'яги) і безхвості (жаби, квакші, землянки, жаби, й ін.).

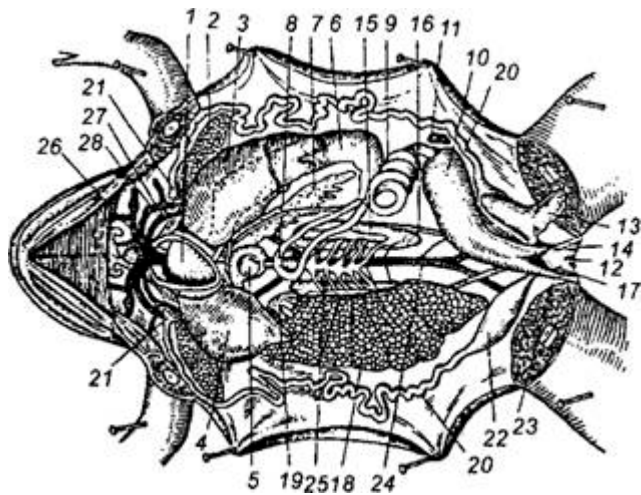
На різних стадіях життєвого циклу земноводні ведуть наземний або напівводний спосіб життя, поширені практично повсюдно, переважно в районах з високою вологістю на берегах прісних водойм і на сирих ґрунтах. Серед земноводних немає форм, які могли б жити в солоній морській воді. Характерні різні способи пересування: відомі види, що роблять досить довгі стрибки, що пересуваються кроком або «повзаючи», позбавлені кінцівок (наприклад, червяги).

Розміри тіла невеликі: від 5 до 40 см. (велетенська саламандра 160 см). Характерна волога, гола, позбавлена луски шкіра, що складається з епідермісу й дерми. Зволоження шкіри відбувається завдяки секреції численних шкірних залоз. Деякі із цих залоз виділяють отруйний секрет – засіб пасивного захисту (привушні залози в жаб). Через слиз здійснюється також шкірний подих. Через шкіру активно всмоктується вода. Під шкірою розташовуються великі лімфатичні мішки, заповнені рідиною. Деякі пустельні види (наприклад, австралійська жаба-водонос) запасують у них воду.



Скелет жаби:

1 – кістки черепа; 2 – лопатка; 3 – хребет; 4 – хвостова кістка; 5 – тазові кістки; 6 – стегнова кістка; 7 – кістки стопи; 8 – кістка гомілки; 9 – ключиця (схована воронячою кісткою); 10 – плечова кістка; 11 – кістка передпліччя; 12 – кістки кисті; 13 – вороняча кістка; 14 – фаланги пальців; 15 – плесна; 16 – п'яtkова кістка; 17 – таранна кістка; 18 – грудина



#### Внутрішня будова жаби:

1 – серце; 2 – легеня; 3, 4 – печінка; 5 – жовчний міхур;  
 6 – шлунок; 7 – підшлункова залоза; 8 – дванадцятипала кишка;  
 9 – тонка кишка; 10 – товста кишка; 11 – селезінка; 12 – клоака;  
 13 - сечовий міхур; 14 – отвір сечового міхура в клоаку;  
 15 – нирка; 16 – сечовід; 17 - отвір сечоводу в клоаку;  
 18; 19 - яєчник; 20-22 - яйцепровід; 23 - отвір яйцепроводу в клоаку;  
 24 - спинна аорта; 25 - задня порожня вена; 26 - сонна артерія;  
 27 - дуга аорти; 28 - легенева артерія

Скелет земноводних костеніє не повністю. Складається він із черепа сплющеної форми, хребта, костей кінцівок й їхніх поясів. Є тільки один шийний хребець, тому голова малорухома (для порівняння: у риб голова нерухома щодо тулуба). Грудна клітка не виражена, тому що ребра короткі або відсутні. Кінцівки типово наземного типу (п'ятипалі).

- М'язова система значно ускладнюється й спеціалізується, що пов'язане з пересуванням по твердому субстраті (виходом на сушу).

- Травна система утворена органами шлунково-кишкового тракту й травних залоз. Є клоака. Всі земноводні - активні хижаки, що реагують на рухливу здобич. Харчуються дрібними безхребетними, мальками риб.

- Органи дихання – парні тонкостінні легені. Дихання забезпечується коливальними рухами дна ротоглоткової порожнини. Повітря засмоктується через ніздрі й проштовхуються в легені. Дихальна поверхня легенів невелика. Крім легенів газообмін відбувається також й у шкірі (у далекосхідних безлегеневих тритонів дихання тільки шкірне).

- Температура тіла непостійна. У зв'язку з розвитком легеневого дихання в земноводних 2 кола кровообігу: велике і мале (легеневе). Серце трикамерне, що складається із двох передсердь й одного шлуночка, внутрішня поверхня якого має складчасту будову. Від шлуночка відходить загальний артеріальний стовбур із трьома парами бічних гілок. У єдиному шлуночку кров перемішується не повністю (повному перемішуванню заважають складки внутрішньої поверхні). Тому при скороченні шлуночка в загальний стовбур порціонно викидаються фракції чистої артеріальної

(надходить у головний мозок і передню частину тулуба), венозної (надходить у легені й шкіру для газообміну) і змішаної (надходить у велике коло до внутрішніх органів) крові.

•Видільна система представлена парними тулубними нирками, пов'язаними з органами статевої системи. У ниркових каналцях нирок здійснюється зворотне усмоктування води, що має велике значення для життя на суші. Кінцевий продукт білкового метаболізму - сечовина, для виведення якої потрібно менше води, ніж для аміаку.

•Земноводні, як і риби, належать до групи анамній (розвиток зародка у водному середовищі). Земноводні - роздільностатеві (запліднення зовнішнє, у деяких форм - внутрішнє). Запліднені яйця відкладають у воду, де й відбувається розвиток личинки (пуголовка). Червяги (безногі) відкладають ікринки на суші - у вологі мохи, листи. У цьому випадку розвиток прямий, тобто з яйця виходить молода тварина (личинкова стадія проходить під покривами яйця). Турбота про потомство звичайно не виражена. Будова пуголовки (личинки) помітно відрізняється від дорослої форми. Пуголовки мають багато «рибоподібних» рис. Так, для них характерно зяброве дихання, одне коло кровообігу, двокамерне серце, розвинений орган бічної лінії, відсутні кінцівки. У результаті метаморфозу тимчасові личинкові органи перетворюються в якісно інші структури.

•Центральна нервова система організована в цілому складніше в порівнянні з рибами. У головному мозку виражені нюхові частки переднього мозку. Мозочок недорозвинений, тому амфібії не можуть робити таких швидких і координованих рухів, як риби. Поведінка амфібії нескладна й заснована на безумовних рефлексах. У будові органів чуття виникає ряд змін, пов'язаних з виходом на сушу. Очі здобувають рухливі повіки (захист від висихання), краще розвинені зір, слух.

**Значення** земноводних полягає в тому, що вони поїдають багатьох шкідливих безхребетних і самі служать їжею іншим організмам.

Виникнення земноводних в еволюції супроводжувалося разом із **ароморфозами, які визначили подальший розвиток хребетних на суші:**

- утворення п'ятипалої кінцівки;
- формування мішкоподібних легенів;
- прогресивний розвиток нервової системи;
- виникнення другого кола кровообігу;
- диференціація м'язів.

Охорона земноводних.

До Червоної книги України 5 видів земноводних, а саме: тритон карпатський, тритон альпійський, плямиста саламандра, ропуха очеретяна і жаба прудка. Всі вони мають у нас обмежене поширення. Тритони і саламандра поширені тільки в Карпатах, ропуха очеретяна – у Західному Поліссі, Волинській і Рівненській областях, а жаба прудка – у передгір'ях Закарпаття.

За даними Міжнародної спілки охорони природи і природних ресурсів (**Міжнародний союз охорони природи МСПО**), у ХІХ-ХХ ст.

вимерли чотири види і два підвиди амфібій унаслідок зміни середовища існування, вилову або знищення їх кішками, пацюками, мангустами. До них належать ізраїльська дискоязыкова жаба, деревна жаба Сейшельських островів, один зі свистунів високогір'я Перу, печерний тритон Північної Америки, один із видів леопардової жаби і підвид безлегеневої саламандри в США.

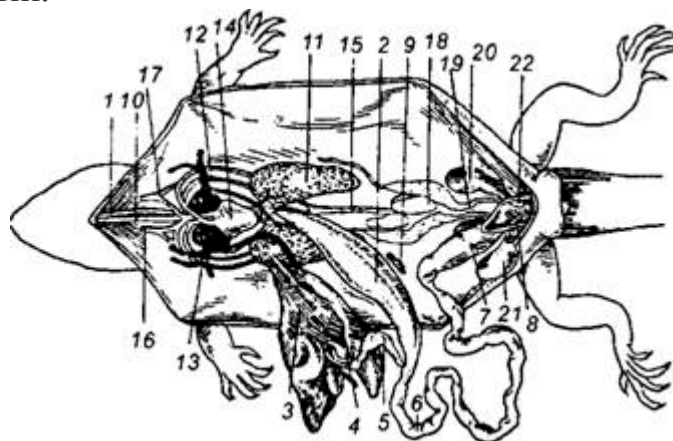
На сьогодні під загрозою вимирання через переслідування людиною знаходяться гірські свистуни, які збереглися лише на двох островах архіпелагу малих Антильських островів. Ці великі жаби – улюблені ласощі горців. Є реальна небезпека, що гірські свистуни закінчать своє існування у шлунках мешканців цих тропічних островів. Аналогічна доля загрожує велетенським саламандром, яких у Японії і Китаї відловлюють і споживають віддавна.

### КЛАС ПЛАЗУНИ

Сучасні плазуни, або рептилії, – широко розповсюджений клас хребетних тварин, що нараховують близько 7 тис. видів, які відносяться до чотирьох рядів: *крокодили*, *черепахи*, *лускаті* (змії, ящірки, хамелеони), *дзьобоголові* (з єдиним видом гаттерія).

Плазуни - морфологічно більш різноманітна група тварин у порівнянні з рибами й земноводними, представлені різними формами, що живуть у різних умовах. До цього класу відносяться пустельні, степові, лісові ґрунтові й повторно-водні форми.

Тіло плазуючих покрите шкірою, що складається з епідермісу й дерми. Шкіра в них суха, покрита роговими лусками або щитками (у черепахах і крокодилів), позбавлена залоз (захист від втрат води). На пальцях є рогові утворення - пазурі, чого немає (за невеликим винятком) у земноводних. Періодично (наприклад, у змій 2-4 рази в рік) відбувається линька, при цьому стара шкіра скидається й заміщується новою. Підшкірні лімфатичні мішки відсутні.



Внутрішня будова ящірки:

- 1 – стравохід; 2 – шлунок; 3 – печінка;  
4 – жовчний міхур; 5 – підшлункова залоза; 6 – дванадцятипала кишка;  
7 – пряма кишка; 8 – клоака; 9 – селезінка; 10 – трахея; 11 - легеня; 12 - ліве передсердя; 13 - праве передсердя; 14 - шлуночок серця; 15 - спинна аорта; 16, 17 - сонна артерія; 18 – сім'яник; 19 - сім'япровід; 20 - нирка; 21

- сечовий міхур; 22 - отвір сечоводу в клоаці.

Скелет костеніє повністю. Зуби розташовуються на щелепах і не диференційовані. У міру зношування старі зуби замінюються новими. В отруйних змії усередині зубів проходять канали отруйних залоз (видозміна слинних). Отрута - потужний засіб, що служить для захисту й умертвіння жертв. У плазунів добре розвинений шийний відділ хребта, тому голова й шия рухливі. Розвинено ребра й грудну клітину (у змії є ребра, а грудина відсутня). Кінцівки типово наземного типу, п'ятипалі. Панцир черепах складається з верхнього (карапакс) і нижнього (пластрон) щитів. Карапакс утворений зрослими ребрами, тілами хребців і кісткових пластинок. Пластрон виникає при зрощенні грудної кістки, ключиць і черевних ребер. Мускулатура більш диференційована, ніж в амфібій. Розвиваються жувальні, міжреберні м'язи.

•**Дихальна система** представлена мішковитими легенями (розвинені повітроносні шляхи - трахея й бронхи). У змії зберігається тільки одна права легеня.

•**Кровоносна система** розвивається в напрямку більш повного поділу артеріального й венозного кровотоку. Серце трикамерне, а в крокодилів - чотирикамерне. Від шлуночка відходить не єдиний стовбур (як у земноводних), а три дугоподібних судини: легенева артерія, права й ліва дуги аорти. Повному змішуванню крові в шлуночку перешкоджає зародкова перегородка. Проте у велике коло надходить змішана кров.

•**Травний тракт** має добре відокремлені відділи: ротову порожнину, глотку, стравохід, шлунок, тонку, товсту кишку, клоаку.

Плазуни – це типово наземні тварини, що відносяться разом із птахами й ссавцями до групи амніот.

•**Органами виділення** служать тазові нирки, не зв'язані у своєму розвитку з органами статеві системи.

•**Плазуни роздільностатеві**. Запліднення завжди внутрішнє. Розвиток прямий. Самки відкладають великі шкірясті (рідше вапняні) яйця. Зародок забезпечений захисними провізорними органами: амніоном, хоріоном (серозною оболонкою) і алантоїсом, а також запасом живильних речовин (жовтковий мішок). Турбота про потомство звичайно не розвинена, виключення становлять крокодили й деякі змії, що охороняють кладку. Рідко зустрічаються живородні (точніше, яйцеживородні) види, наприклад: живородні ящірки. У деяких видів спостерігається партеногенез.

•**Центральна нервова система** плазунів у порівнянні із земноводними ще більш складно влаштована. У головному мозку з'являються зачатки кори. Півкулі розділені на праву й ліву частки. Мозочок добре розвинений. Органи чуттів більше ускладненої будови, ніж в амфібій. Очі покриті повіками, є третя повіка - мигальна перетинка. Добре розвинений нюх.

### **Значення та охорона рептилій**

Рептилії займають всі кліматичні зони земної кулі, крім арктичної й антарктичної. Значення їх у біогеоценозах полягає в тім, що вони служать регуляторами чисельності безхребетних і дрібних хребетних тварин. Ящірки



й змії знищують шкідників сільського господарства. Використовується шкіра змій, крокодилів для різних виробів. Інтенсивне винищування великих рептилій вимагає їхньої охорони.

Усі види й підвиди слонячої черепахи занесені до Червоної книги СОП. На Галапагоських островах створений національний парк, а в 1964 році відкрита біологічна станція ім. Ч. Дарвіна.

На сьогодні промисел крокодилів обмежений повсюдно, у багатьох місцях заборонений, створені спеціальні розплідники й ферми для їхнього розведення.

До Червоної книги **Міжнародного союзу охорони природи** МСПО занесена найцінніша як харчовий продукт зелена, або супова, черепаха, яка могла б бути найважливішим джерелом їжі на берегах тропічних морів, якби її не знищували так швидко. Її популяція ще й досі доволі значна, але місць, де вона розмножується, залишилося дуже мало. Не вимерла вона тільки завдяки резервату Тортугеро в Коста-Риці, звідки впродовж останніх десятиліть щорічно вивозиться 20 тис. малюків-черепашок у різні частини Карибського басейну.

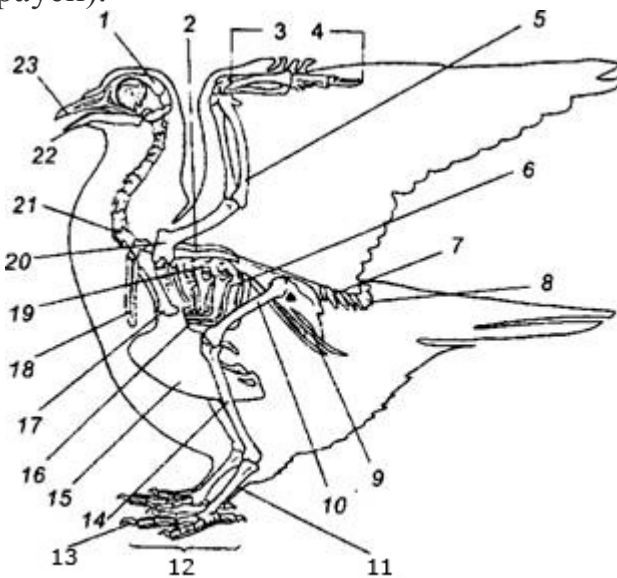
Зі справжніх крокодилів до Червоної книги МСОП занесено 15 видів, зокрема кубинського крокодила. Його промисел також заборонений. У болотах півострова Сапата створений розплідник для крокодилів.

До Червоної книги МСОП занесено декілька видів галапагоських наземних ігуан, гігантський комодський варан.

## ТЕМА 14 КЛАС ПТАХИ.

Птахи – спеціалізований до польоту клас вищих хребетних. Вони живуть у наземно-повітряному середовищі, широко розселені й представлені численними формами. Налічується більше 8500 видів, об'єднаних в 39 рядів (це найчисленніший клас серед наземних хребетних). Клас птахів ділиться на 3 надряди: *пінгвіни*; *бескілеві птахи* (африканські страуси, ківі); *кілегруді* (курячі, голуби, пастушки, журавлі, кулики, яструбині, сови, папуги, дятлові, горобині й ін.).

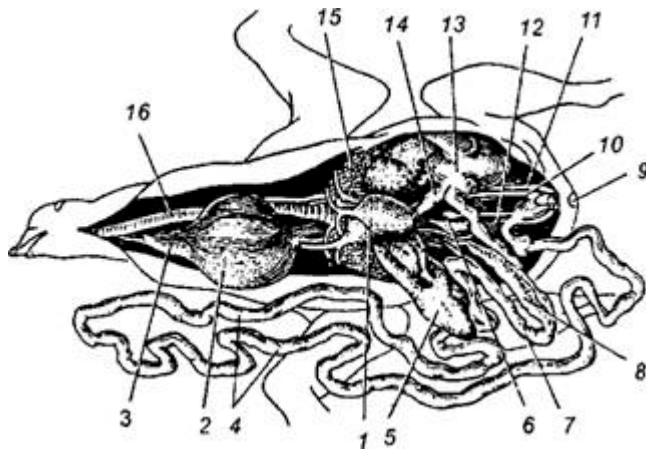
Особливості зовнішньої й внутрішньої будови птахів пов'язані з їхньою здатністю до польоту. Нелітаючі форми (наприклад, страуси, пінгвіни) удруге втратили цю здатність, але зберегли загальні для птахів риси організації. Розміри й маса птахів дуже різноманітні: від 2 см (колібри) до 90 кг (страуси).



*Скелет птаха (голуба):*

1 – череп; 2 – лопатка; 3, 4 – кисть; 5 – передпліччя; 6 – ребра; 7 – хвостові хребці; 8 – куприкова кістка; 9 – таз; 10 – стегно; 11 – цівка; 12 – стопа; 13 – пальці стопи; 14 – гомілка; 15 – кіль; 16 – грудина; 17 – вороняча кістка; 18 – ключиця; 19 – грудні хребці; 20 – плече; 21 – шийні хребці; 22 – нижня щелепа; 23 – верхня щелепа

Тіло в птахів округле, має обтічну форму, голова невелика. Шкіра тонка, суха, майже позбавлена залоз (за винятком куприкової, що виділяє маслянистий секрет, яким птаха змазують оперення) і покрита пір'ям.



Внутрішня будова птаха:

1 – серце; 2 – воло; 3 – стравохід; 4 – тонка кишка; 5 – печінка; 6 – сім'яники; 7 – дванадцятипала кишка; 8 – підшлункова залоза; 9 – клоака; 10 – сім'япровід; 11 – сечовід; 12 – нирки; 13 – м'язовий шлунок; 14 – залозистий шлунок; 15 – легені; 16 – трахея

**Будова пера.** Морфологічно перо являє собою видозмінену рогову луску рептилій. Справжні луски зберігаються в птахів на ногах. Залежно від будови й виконуваних функцій розрізняють контурні (покривні, махові, кермові), пухові пір'я й пух.

Скелет птахів легкий і міцний. Череп з великими очницями. Щелепи вузькі й тонкі, без зубів, покриті роговою речовиною (рогові луски – дзьоб). Шия довга й дуже рухлива. Хребці грудного відділу нерухомо зростаються один з одним, у результаті чого утвориться спинна кістка. Добре розвинена грудна клітка. Грудина має виражений кіль – місце прикріплення потужних грудних м'язів, що забезпечують рухи крила (нелітаючі птахи – страуси – не мають кіля). Ключиці зростаються у вилочку. Передня кінцівка перетворена в крило, причому розвинені тільки 3 пальці без пазурів. Пояс задніх кінцівок представлений тазовими кістками, що зчленовуються із крижовими хребцями. Хребці поперекового й крижового відділу зростаються між собою (таке утворення називають складним хрестцем, що служить опорою заднім кінцівкам). Таз у птахів відкритий і широкий, що дозволяє відкласти досить великі яйця. Задня кінцівка складається зі стегнової кістки, гомілки й цівки (додатковий важіль, необхідний для зльоту або посадки). Пальців на ногах 4 (в африканських страусів - тільки 2), причому (частіше) 3 спрямовані вперед, а 1 палець назад.

М'язова система птахів більше диференційована, ніж у рептилій, має ряд особливостей. Великі м'язи, що приводять у рух кінцівки, розташовуються на тулубі, а до кінцівок ідуть сухожилля. Основна маса м'язів зосереджена на грудях (м'язи, що рухають крило).

Дихальна система дуже своєрідна й представлена губчатими легенями й повітряними мішками, що відходять від бронхіол. Частина з них міститься між внутрішніми органами, а інша частина – у трубчастих кістках. У птахів вентиляція легенів здійснюється як при вдиху, так і при видиху. Це фізіологічне явище називають подвійним подихом. При вдиху повітря

проходить через легені й потрапляє в повітряні мішки (але газообмін відбувається тільки в легенях). При видиху повітря, насичене вуглекислим газом, виштовхується з легенів, а з повітряних мішків спрямовується резервний запас повітря, багатого киснем.

До складу кровоносної системи входять серце й судини. Серце чотирикамерне (2 передсердя й 2 шлуночки), при цьому камери лівої частини серця заповнені артеріальною кров'ю, правої частини – чисто венозною кров'ю. У велике коло кровообігу артеріальна кров надходить тільки по одній судині - правій дузі аорти, що відходить від лівого шлуночка, і постачає тіло птахів максимально насичену киснем кров'ю. У мале (легеневе) коло венозна кров надходить по легеневій артерії, що відходить із правого шлуночка. Усі птахи - теплокровні тварини (мають постійно високу температуру тіла).

Інтенсивна й різноманітна рухова активність птахів сполучена з великою витратою енергії. Травна система складно влаштована, сприяє швидкому перетравлюванню їжі й виведенню залишків назовні. Стравохід веде в воло, де їжа накопичується й піддається початковій хімічній обробці. Оскільки зуби в птахів відсутні, шлунок складається із двох відділів: залозистого й м'язового (у цьому відділі їжа подрібнюється). Зерноїдні птахи заковтують піщини й дрібні камінчики (гастроліти), що виконують функцію жорен. Кишечник довгий, його задній відділ відкривається в клоаку. У пташенят стінка клоаки утворить невеликий виріст - фабрициеву сумку (лімфоїдний орган).

Видільна система представлена тазовими нирками, при цьому сечовий міхур відсутній (виключення становлять африканські страуси), а сечоводи відкриваються безпосередньо в клоаку. Кінцевий продукт білкового обміну - сечова кислота (як й у плазунів). Втрати води при сечовиділенні невеликі, потреби птахів у воді обмежені.

Птахи – роздільностатеві яйцекладні тварини. Чоловічі статеві залози (сім'яники) парні, їхнє збільшення в розмірах носить сезонний характер і настає в період розмноження (звичайно стимулюючим фактором є тривалість світлового дня). У самок розвинені тільки лівий яєчник і лівий яйцепровід. Запліднення внутрішнє, йому передують шлюбна гра. Яйця великі, мають 3 оболонки: шкаралупу (вапняну), пергаментну й білкову. На тупому кінці яйця розвинена повітряна камера. Птахи – типові амніоти, тому зародок постачений амніотичною і серозної оболонками, а також алантоїсом. Усі птаха піклуються про потомство (висижування яєць).

Розрізняють наступні шляхи постембріонального розвитку пташенят за ступенем їхньої зрілості: гніздовий (народжуються безпомічні, голі, сліпі пташенята, з непостійною температурою тіла: горобині, дятли, стрижі, голуби) і виводкові (народжуються самостійні видючі пташенята, здатні ходити, клювати корм, покриті густим пухом: страуси, курячі, гусячі, дрохви).

Птахи відрізняються високим рівнем розвитку нервової й сенсорної систем. Головний мозок збільшується в розмірах і становить у середньому 5-8% від маси всього тіла. Добре розвинений мозочок, що регулює в основному

координацію складних рухів під час польоту. Передній мозок має великі півкулі й зорові частки. Нюхові частки невеликі. Більша частина переднього мозку утворена смугастими тілами. Розвинено первинний звід (древню кору). Від головного мозку відходять 12 пар черепно-мозкових нервів. Орган зору представлений великими очима із повіками, причому очі птахів мають подвійну акомодацию (змінюються кривизна кришталіка і його відстань до сітківки). Гострота зору дуже велика (розрізняють кольори й відтінки). Орган слуху представлений зовнішнім, середнім і внутрішнім вухом. Вушні раковини відсутні.

Для птахів характерно складна поведінка. Вони утворюють стійкі сімейні пари, у яких функції самця й самки різні, збирають запаси на зиму, роблять міграції. У птахів складний шлюбний ритуал, турбота про потомство, здатність до навчання, нагромадження індивідуального досвіду.

### Сезонні явища у житті птахів





### Етапи міграції птахів

1. Збирання птахів у вирій.
2. Зміна оперення на густіше, де більше пуху (осілі, кочові).
3. Швидка поява рульових та махових пер (гуси, качки).
4. Зміна забарвлення пір'я на біле (куріпка полярна).

Мігрують удень – лелека, ластівка, граки, вночі – зозулі, солов'ї.

### Різноманітність птахів

**Чотири ряди птахів - Страусоподібні, Нандуподібні, Казуароподібні та Ківіподібні** - включають представників, нездатних до польоту. Ці птахи пересуваються по землі бігом або крокуючи. Крила та грудні **м'язи** в них розвинені слабо. Кіля немає. Натомість задні кінцівки довгі й міцні. Пташенята - виводкового типу. Мешкають на відкритих просторах з розрідженою рослинністю.

Серед безкільових птахів найбільший представник - африканський страус. Він найбільший із сучасних птахів: заввишки до 270 см, а маса - до 90 кг. Має на ногах усього два пальці, що сприяє швидкому бігу (до 70 км на годину). На пальцях є міцні кігті, які слугують цим птахам для захисту. Шия довга, голова сплюснена. Поширені у степово-пустельних регіонах Африки.

Найменші серед безкільових - ківі - поширені на островах Нової Зеландії: їхнє тіло заввишки до 55 см, а маса - до 3,5 кг. На ногах цих птахів чотири пальці, крила майже відсутні. Ківі мають довгий і тонкий дзьоб, за допомогою якого здобувають їжу: безхребетних тварин, що мешкають у ґрунті. На відміну від більшості видів птахів, нюх у ківі розвинений добре. Ці птахи мешкають у тропічних лісах і ведуть нічний спосіб життя, а вдень ховаються у густих заростях.

**Ряд Пінгвіноподібні налічує 16 видів, які не можуть літати, хоча в них добре розвинена кіль.**

Передні кінцівки пінгвінів видозмінені на еластичні ласти, які слугують для плавання. При цьому рухи крил пінгвінів у воді нагадують рухи крил інших птахів під час польоту. Найбільший серед пінгвінів - імператорський - сягає до 120 см заввишки, найменший - малий пінгвін - заввишки до 40 см. Оскільки пінгвіни не літають, їхні кістки не мають повітряних порожнин. Клила, схожі на плавці допомагають пінгвінам плавати.

**До ряду Лелекоподібні належить 118 видів.**

Ці птахи мають довгу гнучку шию, довгі ноги та дзьоб. На ногах лелекоподібних чотири пальці, з яких три передні сполучені невеликою перетинкою. Довгі пальці широко розставлені, що дає можливість цим птахам пересуватись по грузкому ґрунту. Живляться вони невеликими тваринами, і лише деякі види (наприклад, африканський марабу) труподіди. Майже всі види лелекоподібних - перелітні птахи. Поширені Лелекоподібні скрізь, окрім Арктики та Антарктики, мешкають здебільшого у вологих місцях.

В Україні відомо 14 видів лелекоподібних. Зокрема, поширені білий та чорний лелеки. Лелеку білого, або чорногуза, вважають символом миру, щастя, достатку та материнства. Він влаштовує гніздо біля осель людини. Лелеку чорного, коровайку, косара, чаплю жовту занесено до Червоної книги України.

Птахи, що належать до ряду **Журавлеподібні**, мають довгі шию, дзьоб і ноги, що дають змогу швидко бігати.

Для більшості видів характерна видовжена трахея, яка утворює петлі. Завдяки цьому птахи здатні видавати голосні трубні звуки. Живляться тваринною та рослинною їжею. Журавлеподібні належать до виводкових птахів. Свої гнізда вони влаштовують на землі.

В Україні поширені степовий та сірий журавлі. Ці види занесено до Червоної книги України, оскільки їхня чисельність постійно скорочується.

Життя птахів з **ряду Гусеподібні** тісно пов'язане з водою.

Вони мають середні або великі розміри, видовжену шию та вкорочені і зсунуті назад ноги. Таке розташування ніг полегшує пірнання за їжею під воду. На ногах чотири пальці, з яких три передні сполучаються плавальною перетинкою.

Характерна ознака гусеподібних - будова їхнього дзьоба. Він широкий, сплющений, вкритий тонкою шкіркою. В середині на верхній частині дзьоба є рогові пластинки, які слугують для відфільтрування їжі. Гусеподібні мають

щільне жорстке оперення і густий пуховий прошарок. Добре розвинена в цих птахів куприкова залоза, секрет якої робить їхнє оперення водонепроникним. Відомо приблизно 200 видів гусеподібних, багато з яких здійснюють сезонні міграції. У фауні України відомо 33 види. Це лебеді, гуси, качки та інші.

Серед лебедів найбільший лебідь-кликун: маса його тіла може сягати 13 кг, а розмах крил - до 2,5 м. Цей красивий і величний птах дуже обережний і тримається далеко від берега.

Одна з найбільших за розмірами качок - це гага звичайна, маса тіла якої сягає до 3 кг. Цей вид - новий для території України. Звичайно він гніздується по морських узбережжях Північної Європи, Азії та Америки, а з середини ХХ століття в Україні, на території Чорноморського біосферного заповідника (Херсонська область).

Багато видів гусеподібних є об'єктами полювання через смачне й поживне м'ясо. Людина також використовує пір'я та пух цих птахів. Крижня та сіру гуску одомашнено, людина створила чимало порід цих птахів. До Червоної книги України занесено червоноголу казарку, лебедя малого, огара, гоголя, гагу звичайну та інші види.

### **Ряд Соколоподібні.**

Представники ряду різноманітні за розмірами, але їх об'єднують спільні ознаки: короткий і гачкоподібно загнутий дзьоб, призначений для шматування здобичі; міцні загнуті кігті для хапання та утримання здобичі; здатність швидко літати, тривалий час ширяти в повітрі; гострий зір, що дає змогу бачити дрібну здобич з висоти.

Соколоподібні найчастіше полюють на живих тварин, але деякі види (наприклад, гриф чорний, сип) живляться трупами. Серед цих птахів є перелітні, кочові та осілі види. Відомо приблизно 290 видів цих птахів, у фауні України - 34 види.

Найбільші розміри серед соколоподібних фауни України має гриф чорний: його тіло завдовжки до 115 см, а розмах крил до 2,5 м.

Шулік можна розпізнати за вилчастим розрізом хвоста. В Україні поширені шуліка чорний та рудий. Шуліка чорний має майже однотонне, темно-коричневе забарвлення. Живиться дрібними тваринами або їхніми трупами. Гнізда влаштовує на деревах, переважно уздовж водойм. Шуліка рудий має коричнево-руде забарвлення, що й зумовило його назву.

Типовим представником орлів є беркут. Це великий птах з відносно довгими та вузькими крилами. Нагальне забарвлення беркута - темно-буре. Веде осілий чи кочовий спосіб життя. Утворює постійні пари, великі гнізда (до 3 м у діаметрі та до 2 м заввишки) влаштовує на деревах чи скелях. Полює беркут на здобич середніх чи великих розмірів: зайців, лисиць, великих птахів тощо. В Україні цей надзвичайно рідкісний птах ще зберігся у Карпатах, Закарпатті та західній частині Полісся.

Сапсан - дуже красивий і рідкісний представник соколів. Полює переважно в польоті, розвиваючи швидкість до 300 км/год. В Україні сапсан може гніздуватися у містах на високих будівлях (дзвіницях тощо). Вид потребує охорони.



Представники ряду **Совоподібні** мають великі очі з розширеними зіницями.

Удень сови ховаються у схованках, полюють переважно вночі. У них гачкоподібний дзьоб, міцні та загнуті кігті на пальцях ніг. Голова широка й округла, оперення утворює характерний лицьовий диск. Навколо слухових отворів є пір'я, яке спрямовує звуки до барабанної перетинки. Крила у сов довгі, а хвіст короткий. Живляться сови дрібними та середніми за розмірами **ссавцями** (зайці, мишоподібні гризуни), птахами, комахами тощо, іноді - рибою чи ракоподібними.

Найбільший вид совоподібних - це пугач: до 72 см завдовжки, розмах крил до 180 см. Полює на дрібних і середніх за розмірами ссавців, переважно гризунів, а також на птахів. Пугач віддає перевагу глухим лісам з густим підліском. Гнізда будує переважно на землі, на виступах скель, під вивернутими стовбурами дерев, зрідка займає гнізда інших видів птахів.

В Україні поширені сова сіра та сова вухата. Це птахи середніх розмірів, живляться переважно мишоподібними гризунами. Сова сіра мешкає в лісах, але трапляється в парках і садах. Гнізда влаштовує у дуплах або ж займає гнізда інших птахів (ворон, соколоподібних тощо).

#### **Роль хижих птахів у природі та житті людини.**

Багато видів цих птахів у великій кількості знищує небезпечних шкідників сільського та лісового господарства: мишоподібних гризунів, комах тощо. Види, які живляться трупами тварин, відіграють у природі роль «санітарів».

Деякі види соколоподібних людина намагається використовувати для відлякування птахів від садів і виноградників, а також летовищ. З давніх-давен людина приручала соколів, яструбів та орлів і використовувала їх для полювання. Соколоподібні потребують охорони, зокрема заборони полювання на них. До Червоної книги України занесено 20 видів соколоподібних (шуліка рудий, луні польовий та степовий, орли: карлик, степовий, могильник, зміїд, беркут, орлан-білохвіст, гриф чорний, сокіл-сапсан, боривітер степовий тощо) та 6 - совоподібних (пугач, сич волохатий, сичик-горобець, сови довгохвоста та бородата, сипуха).

**Ряд Дятлоподібні** включає птахів дрібних і середніх розмірів, спосіб життя яких пов'язаний з деревною рослинністю. На їхніх ногах розташовані чотири пальці, з яких два спрямовані вперед, а два - назад, допомагаючи птахам утримуватися на стовбурах дерев під час лазіння. Крім того, дятли спираються на жорсткі стрижні рульових пер. Кігті на пальцях ніг гострі, гачкоподібно загнуті, що допомагає птахам утримуватись на стовбурах дерев.

В Україні поширені 10 видів дятлоподібних: великий строкатий, сивий, чорний (жовна), середній, малий дятли тощо.

**Ряд Куроподібні** об'єднує приблизно 250 видів птахів, з яких у фауні України відомо вісім.

Їхнє тіло масивне, а крила відносно короткі. Ці птахи добре бігають і ходять, але неохоче піднімається у повітря. Лапи у куроподібних мають

чотири сильні пальці з товстими та вигнутими кігтями, які допомагають розгрібати ґрунт у пошуках їжі. Живляться куроподібні переважно рослинною їжею, а також безхребетними тваринами.

Гнізда влаштовують на землі. Більшість видів веде осілий чи кочівний спосіб життя, і лише окремі види (перепілка, біла куріпка) здатні до міграцій. Об'єктами полювання є: перепілка, сіра куріпка, тетеруки, рябчики. Крім того, на території нашої країни акліматизовані такі види, як фазан та кеклик.

**Ряд Горобцеподібні** - найчисленніший за кількістю видів ряд птахів, адже до нього належить майже 2/3 відомих науці видів птахів - 5100. Найдрібніший з них - нектарка, маса тіла якої лише 3-4 г. Найбільший представник горобцеподібних у фауні України - крук, маса його тіла сягає до 1,6 кг.

Більшість видів горобцеподібних живиться комахами, є види, що споживають рослинну їжу, окремі види - хижаки (сорокопути) або всеїдні (наприклад, сіра ворона). Гнізда горобцеподібних різноманітні. Багато видів будує гнізда на деревинній рослинності, рідше - на будівлях (сільська чи міська ластівки), землі (жайворонки) чи у норах, розташованих на уривистих берегах річок (ластівка берегова). Цікаве висяче гніздо синиці-ремеза, яке вона споруджує з рослинності й пуху.

Серед горобцеподібних виділяють групу співочих птахів, які характеризуються добре розвиненими голосовими зв'язками. Усім відомі солов'ї, чий спів зачаровує навесні. Цей вид належить до перелітних птахів: щорічно вони відлітають восени зимувати до Східної Африки. Прилітають до наших країв солов'ї досить пізно: наприкінці квітня чи на початку травня, гнізда влаштовують на землі в густих чагарниках чи гаях. Співати солов'ї починають через декілька днів після прильоту, а припиняють спів після вилуплення пташенят з яєць. Самець починає вигодовувати пташенят, і на спів часу не залишається. Живляться солов'ї переважно безхребетними тваринами, але споживають також ягоди та насіння рослин. Близькими родичами солов'їв є дрозди. В Україні поширені дрозди співочий і чорний.

Одним з найпоширеніших осілих птахів є горобець хатній. Він постійно живе поруч з людиною. Живляться горобці як рослинною, так і тваринною їжею. Можуть завдавати певної шкоди зерновим, ягідним та іншим культурам. Але в період вигодовування пташенят комахами горобці приносять людині безсумнівну користь.

**Птахівництво** – галузь тваринництва, що займається розведенням домашньої птиці для отримання м'яса, яєць, а також пуху та пера як сировини для промисловості.

В Україні розводять курей, гусей, качок, індиків.

Порода свійських курей, які найкраще несуться, – це російські білі кури. Вони добре пристосовані до місцевих умов, рано починають нестися (у чотири-п'ять місяців) і несуть по 200 – 300 яєць на рік. Однією з найкращих м'ясних порід у нас є кохихниць-кі, вага яких досягає 5 кг. Найкращі породи

свійських гусей – роменські та переяславські. Поширені також холмогорські, талузькі та борйвські породи.

Розвиток птахівництва має чимале народногосподарське значення. М'ясо птахів – цінний дієтичний продукт харчування. Свійські птахи розмножуються дуже швидко. Для цього створені спеціальні птахівницькі господарства.

**Роль птахів.** З наземних хребетних птахи найбільше широко поширені, вони - обов'язковий компонент практично будь-якого біогеоценозу, виступають у ролі регуляторів чисельності комах, павукоподібних, винищують дрібних гризунів, служать запильниками рослин (колібрі), поширюють насіння, є об'єктом промислу.

**Виникнення птахів в еволюції супроводжувалося наступними ароморфозами:**

- прогресивний розвиток нервової системи (кора, мозочок);
- поява чотирикамерного серця з повним поділом артеріального й венозного кровообігу;
- формування губчатих легенів;
- виникнення теплокровності.

## ТЕМА 15 КЛАС САВЦІ

### КЛАС ССАВЦІ

**Загальна характеристика.** У сучасній фауні налічується 4-4,5 тис. видів ссавців, або звірів. Вони становлять вищий клас хребетних, органи яких, особливо кора переднього мозку, досягли на сучасному етапі їхнього розвитку найвищого диференціювання.

Тіло ссавців вкрите шкірою з шерстю або волоссям. Шкіра багата на сальні й потові залози. У багатьох видів є й пахучі залози. Потові залози виділяють піт, завдяки чому здійснюється терморегуляція. Усі ссавці характеризуються наявністю молочних залоз. У них є передротова порожнина, обмежена губами і зубами. На відміну від плазунів, зуби ссавців диференційовані. Є діафрагма, яка відділяє грудну порожнину від черевної. Орган слуху у зовнішній частині має вушну раковину, а в середньому вусі є три слухові кісточки.

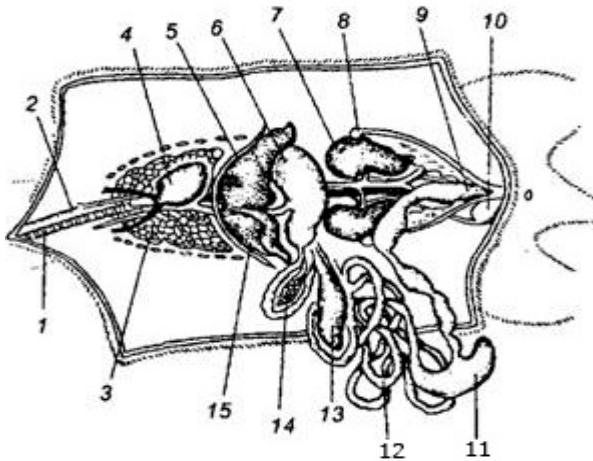
Завдяки прогресивному розвитку центральної нервової системи, теплокровності, наявності волосяного покриву, виношуванню малят у тілі матері та вигодовуванню їх молоком ссавці здобули перемогу в конкуренції з плазунами та іншими хребетними і міцно завоювали не лише суходіл, а й інші середовища існування.

**Ссавці – теплокровні наземні хребетні тварини, що характеризуються живородінням і вигодовуванням дитинчати молоком. Це найбільш морфологічно різноманітна група сучасних тварин. У цей час цей клас включає близько 5 тис. видів і ділиться на 3 підкласи.**

**Першозвірі (клоакові)** – група примітивних ссавців, що відкладають яйця й розповсюджені в Австралії (загін однопрохідні: качкодзьоб, ехидна). Щелепи перетворені в дзьоб, вкритий роговим чохлам. Мають клоаку, як у птахів і рептилій. Протоки молочних залоз відкриваються на залозистих полях. У дорослих особин зубів немає. Мають волосяний покрив, але температура тіла низька й непостійна.

**Сумчасті** (ряд сумчасті: кенгуру, сумчастий вовк, сумчаста білка, американський опосум) – нижчі ссавці, у яких дуже слабо розвинена плацента. Після короткого періоду внутрішньоутробного розвитку в них народжуються слабозвинені дитинчата, наступний їхній розвиток триває в шкірястій сумці на череві, у порожнині якої відкриваються соски.

**Плацентарні** (вищі звірі) – найчисленніша й високоорганізована група сучасних ссавців, розповсюджених на всіх материках й у всіляких умовах (ряди: комахоїдні, рукокрилі, примати, лемури, неповнозубі, гризуни, зайцеподібні, парнокопитні, непарнокопиті, хижі, китоподібні й ін.). Ссавці дуже різноманітні за будовою й розмірам: від 2 см (землерийка) до 120 т і більше (синій кит). Серед них є наземні, літаючі, водні, напівводні, ґрунтові види. У цілому характерний високий рівень організації.



Внутрішня будова ссавця:

1 – трахея; 2 – стравохід; 3 – легеня; 4 – серце; 5 – діафрагма; 6 – шлунок; 7 – нирка; 8 – яєчник; 9 – пряма кишка; 10 – сечовий міхур; 11 – сліпа кишка; 12 – кишечник; 13 – селезінка; 14 – підшлункова залоза; 15 – печінка

Шкіра має більш складну будову, багата потовими й сальними залозами. Молочні залози (видозмінені потові) секретують молоко, яким самки вигодовують дитинчат. Характерною рисою є розвиток волосяного (шерстного) покриву. У деяких представників класу він слабо виражений або повністю скорочений (у китоподібних). Шерстний покрив і підшкірний жир (у китів, тюленів) сприяють збереженню тепла в тілі. Епідерміс утворює у ссавців різні похідні: волосся й рогові утворення - пазурі, нігті в приматів, копита носорогів, рогові чохла в биків і буйволів, китовий вус, луски панголінів, голки їжаків, ехидн і дикобразів. На лицьовій частині голови (у надбрівній області й на верхній губі) сидять рідкі чутливі волоски (вибрисы, або вуси).

Тіло ссавців складається з 4 відділів: голови, шиї, тулуба й хвоста. Кінцівки розташовуються не з боків (як у плазунів), а під тілом.

Скелет ссавців складається з тих же основних відділів, що й скелет інших наземних хребетних. Череп характеризується значним розвитком лицьового відділу. Щелепи звичайно масивні. Зуби містяться в альвеолах щелеп, при цьому корінь занурений в альвеолу, а коронка піднімається над яснами. Особливістю ссавців є диференційована зубна система (4 типи зубів): різці, ікла, передкорінні й кутні зуби. Співвідношення названих типів у зубній системі строго постійно й визначається характером харчування тварин. На потиличній кістці черепа містяться 2 виступи (замість одного, як у птахів і плазуючих), за допомогою яких череп зчленується з першим шийним хребцем - атлантом.

Хребетний стовп включає наступні відділи: шийний, грудний, поперековий, крижовий (не виражений у китоподібних і сирен через редукцію пояса задніх кінцівок) і хвостовий. У шийному відділі кількість хребців постійно й дорівнює 7 (незалежно від довжини шиї). Виключення становлять лінивці (6-10) і ламантини (6 хребців).

Розвинена грудна клітка. У рукокрилих (кажани) і деяких комахоїдних грудина має виражений кіль, подібно птахам. Це зв'язано зі значним розвитком грудних м'язів й великим навантаженням, що переводиться на передні кінцівки. Пояси кінцівок і вільні кінцівки мають типову для наземних хребетних будову. Однак у зв'язку з розмаїтістю умов перебування деталі будови різні.

- М'язова система** дуже диференційована. Характерна наявність діафрагми. Розвинені підшкірні м'язи, мімічні (у приматів).

- Травна система** складно влаштована, розділена на чітко виражені відділи. Початковим її відділом є предротова порожнина, утворена м'якими губами й щоками. Особливості організації травної системи пов'язані з характером харчування й відрізняються в представників різних систематичних груп. Наприклад, хижі й всеїдні форми мають простий шлунок і відносно короткий кишечник, рослиноїдні ссавці (особливо жуйні копитні) мають складний багатокамерний шлунок і довгу сліпу кишку. У всіх груп добре розвинені травні залози: слинні, шлункові, кишкові, печінка й підшлункова залоза. Пряма кишка відкривається самостійним заднепрхідним отвором (анусом). Виключення представляють нижчі однопрхідні ссавці (качкодзьоб, єхидна), що мають клоаку.

- Дихальна система** утворена глоткою, гортанню, трахеєю, бронхами й альвеолярними легенями. Черевна й грудна порожнини тіла розділені м'язом – діафрагмою. Вентиляція легенів має істотне значення для теплорегуляції.

- Кровоносна система** характеризується (як й у птахів) повним поділом артеріального й венозного кровообігу. Серце чотирикамерне, з лівого шлуночка відходить велика артерія (аорта), що поставляє артеріальну кров у велике коло кровообігу. У мале (легеневе) коло венозна кров надходить по легеневій артерії, що відходить від правого шлуночка. Характерні високий рівень обміну речовин і постійна температура тіла – теплокровність.

- Видільна система** представлена парними тазовими нирками, що відходять від них сечоводами, що впадають у сечовий міхур. З організму сеча виводиться по сечівнику. Кінцевий продукт білкового обміну - сечовина.

- Ссавці – роздільностатеві тварини.** Запліднення завжди внутрішнє. У статевій системі самок піхва веде в матку – особливий м'язовий орган. Зародок розвивається в організмі матері (крім однопрхідних, що відкладають яйця, подібно рептиліям). Харчування ембріонів здійснюється за допомогою плаценти (дитячого місця) – специфічного для вищих ссавців утворення, що виникає в результаті зрощення двох зародкових оболонок – алантоїса й серози. У місці зрощення формується губчате тіло - хоріон, який утворює ворсинки, що проникають в епітелій матки. Тут кровоносні судини дитячого й материнського організмів сплітаються, і зародок одержує необхідні для свого розвитку кисень і живильні речовини з організму матері. Всі ссавці піклуються про потомство, що виражається в захисті дитинчат і вигодовуванні їх молоком. Іноді поряд із самкою турботу проявляє й самець, але частіше самці не приймають у цьому участі й навіть можуть бути

небезпечні для дитинчат (у багатьох кішок, ведмедів, куниць). Якщо тварини ведуть стадний спосіб життя, то в процесі залицяння у догляді за потомством беруть участь всі зрілі самки. Це зустрічається, наприклад, у слонів, китоподібних, приматів і деяких інших.

• **Нервова система** ссавців найбільш розвинена й складно влаштована в порівнянні з попередніми групами тварин. Ссавці здатні до індивідуального навчання шляхом утворення складних умовних рефлексів, передачі накопиченого досвіду потомству, для них характерно складне поведіння. Це обумовлено розвитком структур головного мозку, головним чином кори великих півкуль. У новій корі розвиваються асоціативні центри зору й слуху. Оскільки в ссавців звичайно добре розвинений нюх, це приводить до збільшення нюхових часток переднього мозку. Поверхня кори збільшена за рахунок розвитку борозен і звивин. У представників нижчих рядів (комахоїдні, рукокрилі й ін.) поверхня мозку залишається гладкою. Виділяються велика поздовжня і поперечна борозни. У приматів і людини з'являється ще більша поперечна борозна. Середній мозок утворений чотирибугорком (із зоровими й слуховими буграми). Мозочок має більші розміри, складається із двох півкуль, що зв'язано зі складним характером рухів. Від головного мозку відходять 12 пар черепно-мозкових нервів.

• **Органи чуття** представлені: органами зору (очі позбавлені мигальних перетинок), нюху, дотику, смаку й слуху. Слуховий апарат складається із **зовнішнього** (вушна раковина й зовнішнього слухового прохід, що впирається в барабанну перетинку), **середнього** (порожнина середнього вуха) і **внутрішнього** вуха (представлена завиткою, усередині якої міститься кортіїв орган зі слуховими рецепторами). Передача коливань барабанної перетинки до завитки внутрішнього вуха здійснюється за допомогою трьох слухових кісточок: молоточка, ковадла й стремінця. Розвиток цих кісточок пов'язаний з появою вторинного щелепного суглоба.

• **Спинний мозок** має типову для хребетних будову. Ряд тварин мають здатність до ехолокації (дельфіни, кажани, тюлені).

### **Сезонні явища в житті ссавців**

#### ***Річний цикл життя ссавців.***

1. Підготовка до розмноження, пов'язана із дозріванням статевих клітин та відшукуванням особин протилежної статі. В цей період дуже важлива запахова сигналізація, завдяки якій впізнається вид, стать, вік, готовність до статевого акту, ієрархічне положення, приналежність до своєї чи чужої популяції.

2. Період дітонародження та виховання молодняка.

3. Підготовка до зими: линяння, інтенсивне живлення, міграція.

4. Впадання в сплячку (деякі).

#### ***Типи сплячок у ссавців.***

1. Зимовий сон (факультативна сплячка) – незначне зниження рівня обміну речовин, температури та дихальних рухів. Така сплячка може легко перерватися (борсуки, єноти, ведмеді).

2. Дійсна сплячка: оціпеніння досить глибоке, температура та частота дихання помітно знижуються.

3. Сезонна сплячка (неперервна) – сильне оціпеніння, різке зниження температури: їжаки, летючі миші, ховрахи, тушканчики, соні.

### **Різноманітність ссавців**

**РЯД КОМАХОЇДНІ** Це найдавніша група плацентарних ссавців. Ряд об'єднує близько 900 видів, які характеризуються рядом примітивних ознак: зуби слабо диференційовані, півкулі переднього мозку невеликі, без звивин. Передній відділ морди у багатьох видів видовжений у хоботок, нюх розвинений добре. Представники цього ряду – тварини дрібних і середніх розмірів. Комахоїдні освоїли різні середовища існування: наземне, ґрунт, водне. До цієї групи належать *їжаки, землерийки, кроти, хохулі*.

**РЯД РУКОКРИЛІ** Єдина серед ссавців група, пристосована до справжнього польоту. Вони живуть практично на всіх континентах, крім Антарктиди. У тварин цього ряду між другим пальцем передніх кінцівок та тулубом утворюється складка шкіри, що тягнеться до верхівки хвоста і відіграє роль крила. Подібно до птахів, у рукокрилих утворюється кіль, добре розвинена грудна мускулатура. Політ швидкий та маневрений. Рукокрилі ведуть нічний спосіб життя. Зір у них розвинений слабо, проте добре розвинений слух. Більшість видів здатна до ехолокації. Вдень рукокрилі ховаються на горищах, у дуплах та в печерах. Взимку деякі види кажанів можуть здійснювати міграції. Інші впадають у сплячку. Відомо близько 1000 видів, серед яких розрізняють *криланів та кажанів*.

**РЯД ГРИЗУНИ** Гризуни – це найчисельніший ряд ссавців, поширених у всіх частинах світу. Налічує близько 2000 видів, із них на Україні зустрічається 40. Гризуни характеризуються наявністю 4 різців (по 2 на кожній щелепі). У деяких видів різці не мають коренів, ростуть і сточуються все життя. Для всіх гризунів характерна висока плодовитість. Гризуни мають величезне значення в природі й відіграють важливу роль для людини. Деякі види гризунів переносять збудників багатьох небезпечних захворювань людини та свійських тварин (чуми, туляремії, енцефаліту). *Білка звичайна, бурундук сибірський, бабак степовий, ховрак європейський, хомяк звичайний, шиншила, миша польова, миша хатня пацюк сірий, бобр європейський*

**РЯД ЗАЙЦЕПОДІБНІ** Нечисленна за кількістю видів (65 видів, в Україні – 2 види) група ссавців, яка за особливостями організації близька до гризунів. Від останніх зайцеподібні відрізняються наявністю двох пар різців на верхній щелепі (в гризунів – одна пара). Крім того, на відміну від гризунів, шлунок у них складніший за будовою. Він утворений з двох функціональних відділів: у першому відбувається бактеріальне бродіння їжі, а у другому діють ферменти шлункового соку. Зайцеподібні відіграють важливу роль як промислові тварини. Людина приручила дикого кроля і в результаті селекції вивела багато свійських форм. *Заєць сірий, заєць білий, кріль дикий*.



**РЯД ХОБОТНІ** Представники цього ряду – найбільші наземні тварини слони. Живляться слони грубою рослинною їжею, яку поміщають у рот за допомогою особливого органа – хобота. Хобот – це видозмінені зрослі ніс і верхня губа. Хоботом слони обмацують, обнюхують і беруть їжу. Верхні різці слона перетворені на величезні бивні, якими слони зорюють ґрунт у пошуках їжі. Корінні зуби (по одному з кожного боку) зношуються, а потім замінюються новими. Шкіра у слонів товста і майже позбавлена волосся.

**РЯД ХИЖІ** Ряд Хижі налічує близько 240 видів (в Україні – 17 видів), поширених на всіх континентах, за виключенням Антарктиди. Представники цієї групи тварин живляться переважно тваринною їжею. Характерною ознакою цих тварин є добре диференційовані зуби, розвинені ікла. По одному кутньому зубу з кожного боку щелепи перетворюється на так званий хижий зуб, який має великі розміри та гострий ріжучий край (за його допомогою тварини дроблять кістки, перерізають сухожилки). Ключиці у хижих рудиментарні або взагалі відсутні. *Вовк звичайний, собака свійський, шакал звичайний, лисиця звичайна, лев, енотовидний собака, барс сніговий, росомаха, борсук ведмідь білий, соболь, горностаї, тхір степовий, кіт свійський*

**РЯД ЛАСТОНОГІ** Група ссавців, які проводять більшу частину життя у воді, на сушу виходять лише для відпочинку, розмноження та линяння. Волосяний покрив цих тварин частково редукований, але підшкірний прошарок жиру значно розвинений. Більшість видів не має зовнішньої раковини вуха, але слух у ластоногих добре розвинений, деякі види здатні до ехолокації. *Морж, морський лев, морський котик, тюлень звичайний*

**РЯД КИТОПОДІБНІ** Група ссавців яка повністю перейшла до водного способу життя. Опинившись на суходолі, ці тварини, незважаючи на легеневе дихання, гинуть, оскільки самостійно повернутися до води не здатні. Їхні передні кінцівки в процесі еволюції перетворилися на ласти, від задніх кінцівок залишилися лише рудименти тазового поясу. Але є шкірна складка на хвості, яка виконує роль хвостового плавця. Шкіра китоподібних гола і майже позбавлена волосяного покриву, відсутність якого компенсується добре розвиненим підшкірним жировим прошарком. У китоподібних добре розвинені зір і особливо слух. Зубаті кити здатні до ехолокації. Відомо близько 90 видів китоподібних, із яких на Україні зустрічається 3. *Кит синій, сейвал, кашалот, афаліна чорноморська, дельфін білобокий*

**РЯД ПАРНОКОПИТНІ** Група плацентарних ссавців, у яких, внаслідок до швидкого бігу редукуються ключиці. Парнокопитні характеризуються парною кількістю пальців на кінцівках (два або чотири, перший палець відсутній). Здебільшого ведуть наземний спосіб життя. Відомо понад 150 видів парнокопитних, яких поділяють залежно від особливостей травної системи на жуйних і нежуйних. *Свиня свійська, бегемот, олень благородний, косуля звичайна, козел звичайний, муфлон*

*європейський, баран свійський, жирафа сітчаста, зубр європейський, корова свійська*

**РЯД НЕПАРНОКОПИТНІ** Група тварин, що характеризується непарною кількістю пальців на кінцівках. Мають однокамерний шлунок. Перетравлювати їжу їм допомагають симбіотичні **бактерії**, які знаходяться у відділі товстого кишечника. Відомо 16 існуючих видів. *Носоріг індійський, кінг свійський, зебра гірська, осел африканський.*

**РЯД ПРИМАТИ** Група ссавців (близько 190 видів), до якої належить і людина. Спільними ознаками приматів є пятипалі кінцівки хапального типу, дуже рухливі. Великий палець протистоїть іншим, що забезпечує різноманітність рухів кисті. У більшості представників на пальцях не кігті, а нігті. Під час пересування примати спираються на всю стопу. Їхнє тіло вкрите волосяним покривом. Добре розвинений головний мозок, який у більшості має борозни і звивини, що вкривають сіру речовину його півкуль. Мозковий відділ черепа збільшений, щелепи вкорочені. Серед органів чуття краще розвинені органи слуху і зору. Поширені примати, головним чином, у тропічних і субтропічних регіонах Азії, Африки та Америки. *Лемур котячий, довгопят філіпінський, ігрунка карликова, мартишка зелена, павіан звійський, бабуїн, гібон білорукий, орангутан суматранський, горила східна, шимпанзе звичайний*

У цілому для класу ссавців характерна широка й зроблена адаптація до різних умов життя, місцеперебуванням. Господарське значення ссавців винятково велике. Багато видів - об'єкт полювання з метою одержання м'яса й хутра.

**Еволюція ссавців супроводжувалася розвитком наступних ароморфозів**

- високий розвиток нервової системи (складні форми поведінки);
- диференціація хребта на відділи, переміщення кінцівок під тіло;
- виникнення органів, що забезпечують розвиток зародка в тілі матері й вигодовування дитинчат молоком;
- поява шерстного покриву;
- повний поділ кіл кровообігу, виникнення теплокровності;
- виникнення альвеолярних легенів.

## ТЕМА 16

### БІОЕЛЕМЕНТИ. БІОНЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ БУДОВА І БІОЛОГІЧНА РОЛЬ.

На сьогодні відомо понад 110 хімічних елементів: 89 з них знайдено в природі, інші здобуто штучним шляхом. Більшість з природних хімічних елементів входять до складу організмів. Проте лише близько 30 елементів беруть участь в здійсненні життєвих функцій і мають певне значення для біологічних систем. Їх називають біоелементами.

**Біоелементи** – хімічні елементи, які входять до складу живих організмів і беруть участь у процесах життєдіяльності. Ці елементи перебувають в організмі: а) як складові біомолекул; б) у формі нерозчинних сполук; в) у формі йонів. Поширення та біологічне значення хімічних елементів у живій природі пов'язане з розташуванням елементів у періодичній системі.

**Поширення біоелементів.** На атомарному рівні відмінність у хімічному елементарному складі неорганічного і органічного світу відсутня, що свідчить про єдність походження всього живого з неживої природи. Співвідношення ж вмісту біоелементів у живій і неживій природі буде різним. У неживій природі переважають Оксиген (63%), Силіцій (21,2%), Алюміній (6,5%), Натрій (2,4%), Кальцій (1,9%), Ферум (1,9%), Магній (1,8%), Калій (1,4%). У живій природі переважають Гідроген (64%), Оксиген (25,6%), Карбон (7,5%), Нітроген (1,25%), Фосфор (0,24%), Сульфур (0,06%).

**Біологічне значення біоелементів.** Біоелементи за функціями, які вони виконують, умовно можна поділити на *структурні, метаболічні та каталітичні*. Структурна функція біоелементів полягає у тому, що вони беруть участь у побудові неорганічних та органічних сполук. Метаболічна функція біоелементів – вони регулюють осмотичні процеси, підтримують рН внутрішнього середовища, забезпечують процеси збудження та гальмування, здійснюють процеси активного транспорту через мембрани та є гуморальними чинниками діяльності тканин, органів. І каталітичну функцію біоелементів визначає те, що вони входять до складу ферментів та є агентами, які впливають на властивості ферментів. Основними групами біоелементів за їх вмістом в організмах є *органогенні, макроелементи, мікроелементи та ультрамікроелементи*.

**БІОЛОГІЯ+ Біоелементна медицина** – це науково-практичний напрямок, який вивчає склад, вміст, зв'язки і взаємодію біоелементів в організмі людини в нормі і за патологічних станів. Завданням цього напрямку в медицині є розробка способів профілактики порушень біоелементного складу та його корекції при захворюваннях (біоелементозах). **Біоелементозом** називають тимчасове або тривале порушення біоелементного складу організму (надлишок, нестача, дисбаланс елементів), яке супроводжується певними клінічними проявами. Прикладом такого захворювання є флюороз (обумовлений надлишком Фтору), сатурнізм (обумовлений надлишком Свинцю) та ін.

*Особливості та біологічне значення органогенів. Органогени – це хімічні елементи, на частку яких припадає від 2 до 98% від маси тіла. Хоча в складі живих організмів є майже всі хімічні елементи, основні властивості живого визначаються саме органогенами. Найбільший вміст у живій природі припадає на Карбон, Оксиген, Гідроген і Нітроген, які розташовуються у верхній частині таблиці і є типовими неметалами. Вони відрізняються від інших тим, що мають малі розміри, малу відносну атомну масу і є легкими елементами. Саме ці особливості й зумовлюють їхню структурну функцію. Біологічне значення органогенів спричинене їхніми унікальними, фундаментальними для життя, властивостями: 1) легко і в різному порядку поєднуються між собою, утворюючи один з одним міцні ковалентні зв'язки, що забезпечує стійку структуру біомолекул; 2) здатні утворювати слабші за ковалентний водневі зв'язки, які обумовлюють можливість зміни структури біомолекул та їх взаємодію між собою; 3) здатні утворювати порівняно невелике число типів зв'язку, що зменшує кількість необхідних для клітини каталітичних систем; 4) мають малі розміри, малу відносну атомну масу і є легкими елементами, що обумовлює можливість їх використання у великій кількості для побудови біомолекул; 5) у звичайних умовах проявляють неметалічні властивості, що лежить в основі їх структурної функції.*

Яке ж значення для організму елементів-органогенів?

**Гідроген (H).** Частка його в живій природі складає 64%. Входить до складу води і молекул органічних речовин, забезпечує реакції відновлення. Організми отримують його завдяки розщепленню води.

**Оксиген (O).** У живій природі складає 25,6%. Є в складі молекул води, усіх біомолекул, забезпечує реакції окиснення. Організми отримують і виділяють його завдяки процесам газообміну.

**Карбон (C).** У живій природі – 7,5%. Бере участь в утворенні молекул усіх органічних речовин, а також оксидів, гідридів, карбонатів, які утворюються в результаті життєдіяльності організмів.

**Нітроген (N).** У живій природі – близько 2%. Єдиний елемент, який входить до складу всіх молекул амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ, ферментів, вітамінів. Лише цей елемент може поглинатися рослинами у вигляді аніонів і катіонів. Виводиться з організму у складі аміаку, сечовини, сечової кислоти

**БІОЛОГІЯ+** Гідроген – це найпростіший і найпоширеніший елемент у Всесвіті, на долю якого припадає близько 90% атомів. Серед елементів Землі – він дев'ятий за поширенням і складає 0,76% маси планети. Зустрічається в складі води, вугілля, нафти, метану. Це єдиний елемент, який є горючим газом. Назва з грецької звучить як "той, що породжує воду". **Оксиген** – це найпоширеніший елемент на Землі. У атмосфері – 21% за об'ємом, у земній корі – 49% за масою, у гідросфері – 89% за масою. Це один з найактивніших елементів-неметалів. Назва з грецької означає "той, що породжує кислоти". В перекладі з грецької назва "азот" означає "безжиттєвий", хоча без нього життя не може існувати, а в перекладі з

латини назва "нітроген" звучить як "той, що породжує селітру". Нітроген є основною складовою частиною атмосфери Землі (78% за об'ємом). За поширенням **Карбон** на Землі займає 16 місце серед елементів і складає близько 0,027% маси земної кори. В незв'язаному стані зустрічається у вигляді графіту і алмазів, а в зв'язаному – в складі горючих і осадових порід та атмосфери, в якій на його частку припадає 0,046% маси. Назва в перекладі з латини означає "вугілля".

Особливості та біологічне значення макроелементів. **Макроелементи** – це хімічні елементи, на частку яких припадає від 0,1 до 2% маси тіла. До макроелементів належать метали – Калій, Кальцій, Натрій, Магній, Ферум, і неметали – Фосфор, Хлор, Сульфур. Їхня маса дещо більша, але їхній зовнішній електронний шар має або потребує для заповнення невелику кількість електронів. Ці особливості визначають їхню структурну та метаболічну функції. Основними особливостями макроелементів, які мають значення для живого, є такі: 1) мають високу здатність утворювати йони, що беруть участь в утворенні йонних зв'язків і обумовлюють існування йонних сполук, 2) деякі можуть мати змінну валентність, завдяки чому їхні йони використовуються в життєвих циклах для регульованої передачі електронів; 3) більшість є сильними відновниками або окисниками, тому у складі біосистем досить часто беруть участь в регуляції життєвих функцій; 4) у звичайних умовах проявляють металічні та неметалічні властивості.

Яке ж значення для організму макроелементів?

**Натрій (Na).** Міститься лише у вигляді йонів. Забезпечує транспорт речовин у клітину і з неї, регулюванні серцевої діяльності, здійсненні процесів подразливості організму тварин. У життєдіяльності більшості рослин істотного значення не має. Сприяє росту рослин-галофітів.

**Калій (K).** Міститься лише у вигляді йонів. Є осмотично активним елементом, забезпечує транспорт речовин у клітину і з неї, регулює роботу дихального апарату рослин, бере участь у процесах подразливості, регулює серцеву діяльність та водний обмін організму тварин та ін.

**Кальцій (Ca).** У вигляді йонів бере участь у регуляції ритму серцевої діяльності, зсіданні крові, здійсненні м'язового скорочення, утворенні жовчі, забезпечує рух компонентів клітин і самих клітин. У вигляді солей входить до складу кісток і черепашок тварин, оболонок деяких водоростей, міжклітинної речовини та ін.

**Магній (Mg).** У вигляді йонів активує діяльність ферментів енергетичного обміну і синтезу ДНК, підтримує цілісність рибосом, зв'язуючи РНК і білок. У складі хлорофілу бере участь у фотосинтезі, а у вигляді солей входить до складу кісток, зубів.

**Ферум (Fe).** У складі гемоглобіну й міоглобіну здійснює транспорт газів, у складі ферментів (цитохромів, каталази, ферредоксину) забезпечує перенесення електронів у процесах дихання й фотосинтезу. Є необхідним для утворення хлорофілів.

**Фосфор (P).** У вигляді фосфатів міститься в кістковій тканині тварин й людини, входить до складу складних білків-фосфопротеїдів, нуклеїнових кислот, АТФ, фосфоліпідів, коферментів НАДФ тощо. У вигляді залишків ортофосфорної кислоти утворює макроергічні зв'язки. Для рослин є другим за важливістю (після Нітрогену) елементом мінерального живлення.

**Хлор (Cl).** У тварин входить до складу хлоридної кислоти шлункового соку, у вигляді йонів бере участь у регуляції осмотичного тиску плазми крові, стимулює процеси фотолізу води у рослин.

**Сульфур (S).** Бере участь у побудові сірковмісних амінокислот (метіоніну, цистеїну, цистину), вітамінів В1, Н і деяких ферментів. У складі вихідних сполук велике значення має для хемосинтезуючих і фотосинтезуючих бактерій. У живленні рослин займає третє місце після Нітрогену і Фосфору.

*Особливості та біологічне значення мікроелементів.*

**Мікроелементи** – це хімічні елементи, на частку яких припадає від 0,000001 до 0,1% від маси тіла. Мікроелементами є Цинк, Йод, Купрум, Манган, Молібден, Кобальт та ін. Ці хімічні елементи розташовуються в нижніх періодах таблиці і є у переважній більшості металами з відносною атомною масою більше 50. Тому їх біологічна роль пов'язана з їх включенням до складу речовин (дихальних пігментів, вітамінів, гормонів, ферментів), що беруть участь у регуляції життєвих процесів. Мікроелементи називають у науці "каталізаторами каталізаторів".

Яке ж значення для організму основних мікроелементів?

**Бор (B).** У рослин впливає на ріст, процеси синтезу й перетворення вуглеводів. При нестачі відмирають провідні тканини, верхівкові бруньки, квіти і зав'язь.

**Флуор (F).** У тварин входить до складу кісток і емалі зубів. Його нестача викликає карієс, а надлишок – плямисту емаль зубів. Є потужним інгібітором ферментів гліколізу.

**Манган (Mn).** Визначає активність ферментів-оксидаз, тому має велике значення для фотосинтезу, дихання, росту, азотного обміну.

**Кобальт (Co).** У тварин є складовою вітаміну В12 (ціанокобаламіну), який регулює кровотворення. У рослин бере активну участь у процесах азотфіксації, нуклеїнового обміну, запліднення.

**Купрум (Cu).** Бере участь у синтезі гемоглобіну, входить до складу гемоціаніну молюсків. У рослин є в складі ферментів дихання, фотосинтезу, фіксації азоту, підвищує стійкість до посухи.

**Цинк (Zn).** У тварин є чинником росту, входить до складу ферменту карбоангід-рази, який каталізує виділення  $\text{CO}_2$  із  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . У рослин відіграє важливу роль у синтезі фітогормонів, входить до складу деяких ферментів.

**Бром (Br).** Має заспокійливу дію на організм людини і тварин, поглиблюючи гальмівні процеси у ЦНС.

**Молібден (Mo).** Впливає на діяльність прорихів, ростових процесів, підвищує стійкість рослин до грибкових захворювань. Унікальною здатністю до його накопичення характеризуються бобові рослини.

**Йод (I).** У тварин входить до складу гормонів щитоподібної залози. Є потужним інгібітором ферментів гліколізу.

**Ультрамикроелементи** – це хімічні елементи, вміст яких у клітинах не перевищує 0,000001%. Це Плюмбум, Платина, Аргентум, Аурум та ін. Фізіологічна роль цих елементів у біосистемах ще недостатньо вивчена. Наприклад, відомо, що лікарі-гомеопати успішно використовують для профілактики атеросклерозу препарати золота (в дуже малих кількостях), хоча механізм їхньої дії абсолютно невідомий.

**Біоелементи** в біосистемах виконують свої функції у складі біомолекул у формі нерозчинних сполук та йонів. За функціями й біологічними властивостями біоелементи класифікують на структурні та метаболічні (регуляторні, біокаталітичні та кровотворні). Структурні біоелементи беруть участь в утворенні сполук і виконують роль будівельного матеріалу для клітин, тканин й органів. Так, Карбон, Оксиген, Нітроген, Гідроген утворюють органічні речовини, Кальцій й Фосфор — кістки, черепашку молюсків, Силіцій — опорні структури діатомових водоростей, хвощів, радіолярій. Біокаталітичні елементи забезпечують високу біологічну активність ферментів і вітамінів. Наприклад, Кобальт є в складі ціанкобаламіну, Купрум утворює цитохроми. Регуляторні елементи в складі гормонів здійснюють ендокринну регуляцію (Йод є структурним компонентом тироксину, Цинк — інсуліну), транспортують речовини крізь мембрани (натрій-калієвий насос), створюють різницю потенціалів по різні боки мембран для синтезу АТФ (йони Гідрогену) та ін. Кровотворні біоелементи (Ферум, Купрум) беруть участь у процесах гемопоезу.

Отже, **біоелементи виконують у біосистемах структурну, біокаталітичну, регуляторну та кровотворну функції.**

**Прості неорганічні речовини беруть участь в обміні речовин і перетворюють енергію.**

**БІОНЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ** — це прості й складні неорганічні речовини, нестача яких у живому призводить до порушення біологічних функцій. Ці прості й складні речовини є обов'язковими компонентами будь-якої біосистеми.

З неметалів найбільше значення в біосистемах мають кисень та азот. Основною особливістю, що зумовлює біологічне значення неметалів, є те, що вони мають здатність приєднувати електрони та є окисниками в окисно-відновних реакціях. Яскравим прикладом таких речовин є кисень як акцептор електронів у реакціях кисневого розщеплення біомолекул. Важливим для життєдіяльності є й азот незважаючи на його хімічну інертність. У біосистеми цей газ надходить завдяки азотофіксуючій діяльності бульбочкових бактерій, ціанобактерій.

У Періодичній системі Д. І. Менделєєва 85 елементів є металами. Десять з них (Натрій, Калій, Магній, Кальцій, Манган, Ферум, Кобальт, Купрум, Цинк, Молібден) відіграють важливу роль у життєдіяльності організмів і отримали назву «метали життя», або біометали. Метали мають здатність віддавати електрони і бути сильними відновниками в окисно-

відновних реакціях. Ці речовини легко утворюють стійкі йони, що беруть участь у транспортуванні речовин (Натрій, Калій), взаємоперетворенні форм енергії (Кальцій у м'язовому скороченні). Вони входять до складу гормонів (Цинк, Кобальт), ферментів й дихальних та фотосинтезуючих пігментів (Ферум, Купрум). Важкі метали чинять токсичну дію на організми (Кадмій, Меркурій).

Отже, прості речовини в складі живого здійснюють окисно-відновну, структурну, регуляторну, енергетичну функції.

Серед складних речовин виокремлюють оксиди, кислоти, основи, солі.

Оксидами є складні бінарні сполуки елементів з Оксигеном. Кислотні оксиди ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) переважно добре розчиняються у воді й утворюють мінеральні кислоти. Карбон(IV) оксид  $\text{CO}_2$  є регулятором дихання, а чадний газ  $\text{CO}$  — токсичною речовиною. Основні оксиди (за винятком оксидів лужних і деяких лужноземельних металів, таких як  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ) переважно нерозчинні у воді й здатні реагувати з кислотами з утворенням важливих для живого солей та основ. Серед амфотерних оксидів найбільше значення має  $\text{H}_2\text{O}$ . У живих системах важливу роль виконує гідроген пероксид  $\text{H}_2\text{O}_2$ , який є сильним окисником і тому небезпечним для клітин. Роль нітроген (II) оксиду як сигнальної молекули в живих організмах була відкрита у 1980-х роках.

Кислотами називаються сполуки, що містять у молекулах атоми Гідрогену та кислотні залишки. Основною біологічною властивістю кислот є їхня здатність до дисоціації й визначення кислотності рідин внутрішнього середовища. Кислоти утворюють важливі для живого аніони  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  (беруть участь у регуляції процесів) та катіони  $\text{H}^+$ , від концентрації яких залежить рН рідин й секретів. Сильні кислоти активують травні ферменти ( $\text{HCl}$ ), здатні розчинити мінеральні сполуки, що надходять для обміну речовин ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), будують важливі біомолекули (залишки  $\text{H}_3\text{PO}_4$  у складі АТФ, нуклеотидів, фосфоліпідів тощо). У слабких кислот лише невелика частина молекул дисоціює повністю на йони, але й вони активно залучаються для регуляції рН крові ( $\text{H}_2\text{CO}_3$  й карбонатна буферна система), для утворення органічних сполук ( $\text{H}_2\text{S}$  для бактеріального фотосинтезу) тощо.

Основами називають сполуки, до складу яких входять атом металу і гідроксильні групи. Основи мають здатність зв'язувати йони  $\text{H}^+$  та беруть участь в утворенні буферних систем. Більшість основ у воді нерозчинні, тому живі організми утворюють їх як кінцеві продукти окисно-відновних реакцій. Розчинні основи беруть участь: 1) в утворенні солей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ); 2) у реакціях нейтралізації ( $\text{Ba(OH)}_2$  — для нейтралізації  $\text{HCl}$  й зменшення кислотності,  $\text{Al(OH)}_3$  — для нейтралізації алкалоїдів рослинної їжі у тварин); 3) в ґрунтоутворенні й створенні умов існування для ґрунтових мешканців ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) тощо.

Мінеральні солі — це продукти повного або часткового заміщення атомів Гідрогену в кислотах на атоми металів. Розчинні солі під час дисоціації розкладаються на катіони металів та аніони кислотних залишків,



завдяки чому відбуваються надходження із середовища існування до біосистем багатьох поживних елементів, окисно-відновні реакції, реакції обміну з основами, кислотами, іншими солями. Нерозчинні солі багато організмів використовують для побудови захисних та опорних утворень (наприклад, кальцій карбонат, кальцій фосфат утворюють черепашки, скелети коралів, зуби хребетних). Кислі солі, які утворюються у реакціях між лугами і кислотами, беруть участь у формуванні буферних систем. Із розчинних солей для організмів найбільше значення мають солі, що їх утворюють катіони Натрію, Калію, Кальцію, Магнію, Феруму та залишки хлоридної, сульфатної, нітратної кислот. Ці йони забезпечують транспортування речовин крізь мембрани клітин, регуляцію роботи серця, проведення збудження, активацію ферментів тощо.

## ТЕМА17

### БІООРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ: ВУГЛЕВОДИ, ЛІПІДИ, БІЛКИ, НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. ЇХ БІОЛОГІЧНА РОЛЬ

**БІООРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ** — речовини, що входять до складу живої природи та беруть участь у перетвореннях речовин, енергії та інформації. Ці органічні речовини живого мають певні особливості, що тісно пов'язані із їхніми функціями. Біомолекули мають високу енергоємність завдяки численним зв'язкам, здатність до окиснення з виділенням великої кількості енергії, здатність до гідролітичного розкладу за участі води, залежну від умов змінну активність з визначальним впливом ферментів та ін. Для біомолекул характерні й складні взаємоперетворення. Наприклад, з вуглеводів утворюються й відкладаються жири, з білків можуть формуватися вуглеводи й жири, з жирів — вуглеводи. Взаємозв'язок між обміном білків, жирів і вуглеводів виникає на основі спільності проміжних продуктів та універсальної енергетичної ролі АТФ. Для біомолекул характерною є взаємодія з біонеорганічними речовинами. Так, у автотрофів біомолекули утворюються з  $\text{CO}_2$  й  $\text{H}_2\text{O}$ , розклад біомолекул у реакціях окиснення відбувається з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  та амоніаку.

Основними функціями біоорганічних речовин в обміні речовин є:

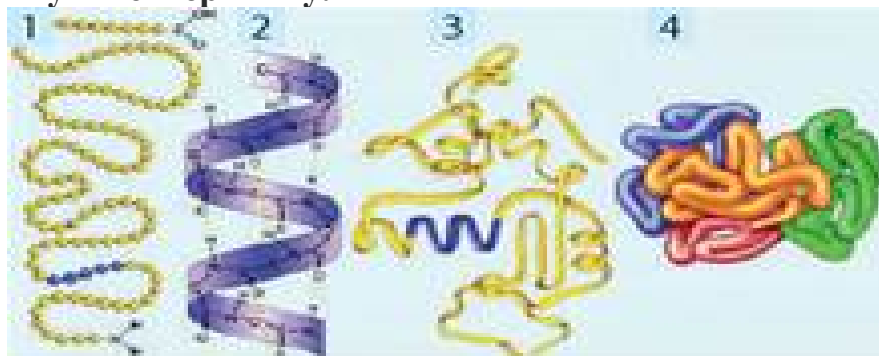
- 1) структурна — участь у реакціях синтезу з утворенням різних нових молекул;
- 2) енергетична — участь у реакціях розкладу та забезпеченні енергетичних потреб живого (глюкоза, фруктоза, АТФ);
- 3) регуляторна — участь у регуляції біохімічних процесів та функцій (ферменти, вітаміни, гормони);
- 4) резервна — хімічна інертність та нерозчинність у воді зумовлюють відкладання певних біомолекул про запас (крохмаль, глікоген, жири, олії);
- 5) захисна — біомолекули знешкоджують внутрішні й зовнішні шкідливі речовини, захищають від ультрафіолетового випромінювання, хвороботворних вірусів, бактерій (лізоцим);
- 6) інформаційна — участь у процесах сприймання, збереження й реалізації інформації (рецепторні білки, РНК, ДНК).

Отже, найзагальнішими **функціями біоорганічних речовин є структурна, енергетична, регуляторна, захисна, резервна та інформаційна.**

**БІЛКИ** — це високомолекулярні біополімерні органічні сполуки, мономерами яких є амінокислоти. Білки є біополімерами з 20 різних мономерів — природних основних (протеїногенних) амінокислот, сполучених у макромолекули в специфічній кількості, складі й послідовності за допомогою пептидних зв'язків. Порядок розташування амінокислот у молекулах білків визначається послідовністю нуклеотидів в генах.

Білки поділяють за хімічним складом на **прості та складні.**

**Прості білки** (кератин, колаген) побудовані лише з амінокислотних залишків, а **складні** (муцин, гемоглобін) містять ще й небілкові компоненти (атоми металів, молекули ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот тощо). Виокремлюють **чотири рівні структури білків: первинну, вторинну, третинну й четвертинну.**



**Іл. 56. Структурна організація білків: 1 — первинна структура (ланцюг); 2 — вторинна структура (спіраль); 3 — третинна структура (глобула); 4 — четвертинна структура (мультимер)**

Більшість білків набуває правильної структури лише в певних умовах середовища. Зі зміною цих умов білок змінює свою структуру, або денатурує. **Денатурація** — процес порушення природної структури білків із збереженням первинної. Чинниками, що спричиняють зміну конформації білків, є: нагрівання, випромінювання, сильні кислоти, сильні основи, концентровані солі, важкі метали, органічні розчинники тощо. За умови збереження первинної структури відбувається **ренатурація** — відновлення втраченої природної структури білків. Таким чином, особливості білка визначаються його первинною структурою.

А ось процес руйнування первинної структури білків завжди є необоротним. Це вже .

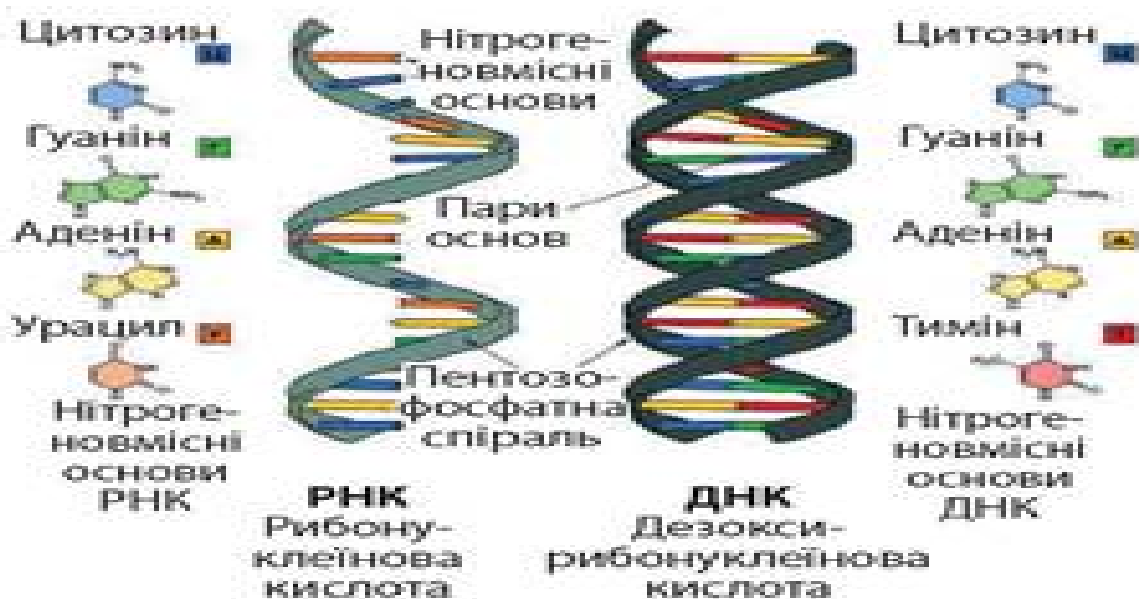
Біологічна роль білків виявляється на кожному з етапів метаболізму. Надходження речовин, енергії та інформації у біосистеми забезпечується білками, що здійснюють транспортну, рухову, захисну, поживну функції. Анаболічні й катаболічні перетворення всередині біосистем реалізуються завдяки пластичній, енергетичній, каталітичній, резервній, регуляторній функціям білків. У видаленні й знешкодженні продуктів обміну беруть участь захисні білки.

Отже, обмін білків посідає центральне місце у всьому різноманітті обмінних процесів біосистем.

**НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ** — складні високомолекулярні біополімери, побудовані з нуклеотидів. У всіх живих організмах нуклеїнові кислоти виконують роль збереження, передачі й реалізації спадкової інформації. Вперше їх виявлено в ядрі клітини, звідки й походить назва цих сполук (від лат. nucleos — ядро). Це інформаційні «молекули життя»: ДНК зберігає генетичну інформацію, а різні типи РНК сприяють її реалізації. Нуклеїновим кислотам, як і білкам, притаманна первинна структура — певна послідовність розташування нуклеотидів, а також складніші вторинна і

третинна структури, які формуються за допомогою водневих зв'язків, електростатичних, гідрофобних та інших взаємодій.

Нуклеїнові кислоти — основні «дійові особи» синтезу білкових молекул. Все, що необхідно клітині для життя, запрограмовано в ділянках молекул ДНК — генах. Закодована в них інформація реалізується молекулами РНК: іРНК переписує інформацію з гена й переносить її на рибосоми, в утворенні яких беруть участь рРНК. На молекулі іРНК, як на матриці, синтезується молекула певного білка, а окремі амінокислоти для його синтезу постачаються транспортною РНК (тРНК) (іл. 57, табл. 1).



Отже, нуклеїнові кислоти разом з білками зберігають й реалізують генетичну інформацію, що є основою обміну речовин і перетворення енергії в біосистемах.

**ВУГЛЕВОДИ** (цукри) — органічні сполуки, до складу яких входять Карбон, Гідроген та Оксиген. Їхня загальна формула —  $C_n(H_{2n}O)_n$ , звідки й вихідна назва вуглеводів (вуглець і вода). Структура вуглеводів не закодована безпосередньо генетично, а утворюється внаслідок серії ферментативних реакцій фотосинтезу з низькомолекулярних сполук або глюконеогенезу із пірвіноградної кислоти, яка є проміжною сполукою метаболізму клітин.

## Найпоширеніші вуглеводи організмів

### I. Моносахариди:

А. Пентози: **рибоза, дезоксирибоза**

Б. Гексози: **глюкоза, фруктоза**

II. Дисахариди: **сахароза, лактоза, мальтоза**

III. Полісахариди: **крохмаль, целюлоза, хітин, глікоген, пектини**

Вуглеводи за хімічним складом можуть бути простими і складними. Прості вуглеводи утворені відповідно до загальної формули  $C_n(H_2O)_n$ . Складні вуглеводи утворюються внаслідок взаємодії молекул простих вуглеводів між собою.

Вуглеводи здатні до безкисневого й кисневого розщеплення, що зумовлює їх провідну енергетичну функцію в метаболізмі живого (глюкоза, фруктоза). Понад  $\frac{2}{3}$  енергетичних потреб організму забезпечується завдяки використанню вуглеводів. Структурну функцію виконують нерозчинні й стійкі вуглеводи клітинних оболонок грибів (хітин), рослин (целюлоза), бактерій (муреїн), прості вуглеводи слугують «будівельними блоками» для утворення нуклеотидів (рибоза і дезоксирибоза), оліго- чи полісахаридів (глюкоза, галактоза). Резервна функція вуглеводів полягає в запасанні крохмалю в зелених рослин й водоростей. Основною формою запасання глюкози в клітинах тварин, більшості грибів, багатьох бактерій та архей є глікоген, що має компактну розгалужену структуру (іл. 58). Зв'язування й видалення з організму людини радіонуклідів за участі пектинів ілюструє захисну функцію вуглеводів.

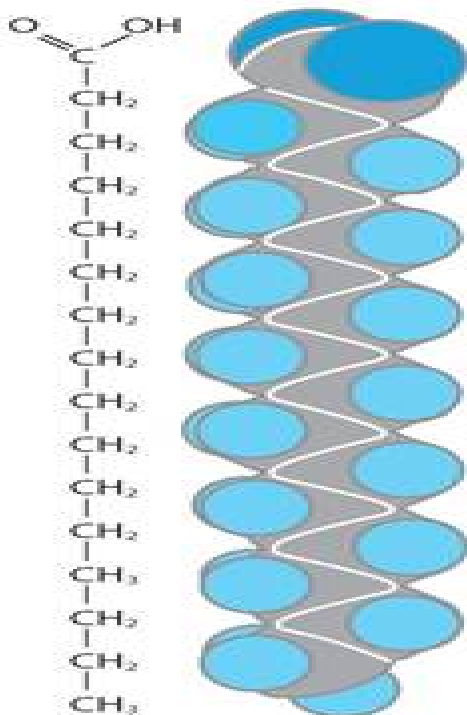


Іл. 58. Схема молекули глікогену

Отже, вуглеводи в обміні речовин спеціалізуються на виконанні енергетичної, структурної, резервної та захисної функцій.

**ЛІПІДИ** (від грец. ліпос — жир) — це різноманітні за хімічним складом біоорганічні сполуки живого, спільною ознакою яких є їхня неполярність, через що вони розчиняються лише в неполярних розчинниках. Молекули ліпідів можуть містити залишки спиртів, жирних кислот,

сульфатної кислоти, вуглеводів, білків та ін. Властивості багатьох ліпідів значною мірою визначаються насиченими (не мають подвійних зв'язків) жирними кислотами (іл. 59). Більшість ліпідів (воски, жири) характеризуються нерозчинністю у воді (гідрофобністю) та розчинністю в неполярних розчинниках: естерах, ацетоні, хлороформі, бензені та ін. Такі властивості зумовлені відсутністю полярних груп у їхніх молекулах. Інші групи ліпідів (фосфоліпіди, гліколіпіди) виявляють подвійні амфіфільні властивості, тому що містять полярні (гідрофільні головки ортофосфатної кислоти чи спирту) і неполярні (ланцюжок жирної кислоти) групи (іл. 60).



**Іл. 59. Пальмітинова кислота ( $C_{15}H_{31}COOH$ ) — насичена жирна кислота**

Ортофосфатна група  
(гідрофільна голівка)



**Іл. 60. Будова молекули фосфоліпіду**

За структурними особливостями ліпіди класифікують на прості й складні. Прості ліпіди є похідними жирних кислот і спиртів. Найвідоміші з них — воски (бджолиний віск, спермацет, ланолін, суберин, кутин) й жири (рослинні — соняшникова, трояндова олії, масло какао; тваринні — китовий жир, свинячий жир, риба́чий жир). Основними функціями восків є захисна, а жирів — енергетична, резервна, водоутворювальна. Біологічне значення простих ліпідів зумовлене тим, що серед них є такі необхідні для життя

речовини, як ненасичені жирні кислоти, жиророзчинні вітаміни, фосфоліпіди, стерини.

Складні ліпіди окрім ліпідної частини містять й інші речовини. У ліпопротеїнів такими сполуками є білки, у фосфоліпідів — залишок ортофосфатної кислоти, у гліколіпідів — вуглеводи. Ці сполуки виконують здебільшого структурну функцію. До ліпідів відносять й жироподібні сполуки (ліпоїди), що є їхніми попередниками або похідними. Більшість із них здійснюють в організмі регуляторну функцію. Прикладом подібних речовин є стероїди (холестерин, жовчні кислоти, статеві гормони та гормони надниркових залоз — кортикостероїди). До жироподібних сполук належать жиророзчинні вітаміни А, D, Е і К.

Отже, ліпіди в біосистемах здійснюють енергетичну, структурну, захисну, регуляторну, водоутворювальну, резервну функції.

## ТЕМА 18

### СТРУКТУРА КЛІТИН, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПРОЦЕСИ ОБМІНУ РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ.

1. Загальний план будови клітин. Сучасна клітинна теорія.
2. Особливості будови клітин прокариотів та еукаріотів.
3. Методи цитологічних досліджень.
4. Клітинні мембрани. Транспорт речовин крізь мембрани.
5. Цитоплазма і цитоскелет. Включення.
6. Рибосоми: хімічний склад, будова і функції. Клітинний центр.
7. Одномембранні органели, їх функції та будова.
8. Двомембранні органели: їх функції та будова.

#### 1. Загальний план будови клітин. Сучасна клітинна теорія.

Клітина – це структурна одиниця живих організмів, що являє собою певним чином диференційовану ділянку цитоплазми, оточену клітинною мембраною. Клітини існують як самостійні організми (бактерії, найпростіші, водорості, нижчі гриби) або в складі тіла багатоклітинних тварин, рослин, грибів. Клітина – структурно-функціональна одиниця живого організму. Це елементарна жива система, яка здатна до самовідтворення. Клітина лежить в основі будови і розвитку всіх організмів, це найдрібніша частина організму, наділена його ознаками. Клітини живих організмів відрізняються за формою, розміром, особливостями організації та функціями. Більшість клітин мають розміри від 10 до 100 мкм. Клітини, з яких складається новий організм, не є ідентичними, однак усі вони побудовані за єдиним принципом, що свідчить про спільність походження живих організмів.

Клітина складається з трьох основних частин: ядра, цитоплазми та оболонки. Цитоплазма відмежована від зовнішнього середовища або від сусідніх клітин клітинною оболонкою (плазмалемою). Цитоплазма, в свою чергу, складається з гіалоплазми та організованих структур, до яких належать органели і включення.

*Органели* – постійні клітинні структури. Кожна із органел виконує певні функції, забезпечуючи ті чи інші процеси життєдіяльності клітини (живлення, рух). Особливості будови тієї чи іншої органели тісно пов'язані з виконуваними нею функціями. На відміну від органел, *включення* – непостійні структури, тобто можуть з'являтися у процесі життєдіяльності клітини, зникають і знову утворюватись. Це здебільшого запасні сполуки чи кінцеві продукти обміну речовин у вигляді краплин, зерен. Залежно від рівня організації клітин організми діляться на прокариотів та еукаріотів.



До одномембранних органел клітини належить: ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, різні типи вакуолей. У клітинах еукаріот є вкриті подвійною мембраною органели – мітохондрії та пластиди. Вони містять власні ДНК та білоксинтезуючий апарат і розмножуються поділом, тобто мають певну автономію в клітині. Створення клітинної теорії – найважливіша подія в біології, один з вирішальних доказів єдності всієї живої природи. Виникнення цитології пов'язано зі створенням клітинної теорії – найбільш широкого та фундаментального з усіх біологічних узагальнень. Сформував її німецький зоолог Т. Шванн у 1838 р., спираючись на праці німецького ботаніка М. Шлейдена. Цю теорію пізніше доповнив німецький вчений Р. Вірхов та російський вчений К. Бер.

*Основні положення клітинної теорії:*

1. Клітина – основна одиниця будови і розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця всього живого.
2. Клітини всіх одно- і багатоклітинних організмів подібні (гомологічні) за своєю будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності та обміном речовин.
3. Клітини розмножуються поділом, і кожна нова клітина утворюється внаслідок поділу материнської клітини.
4. Клітини є частинами цілісного організму. У багатоклітинному організмі клітини є елементами його будови, але вони не однакові, а різні, спеціалізовані у певних напрямках, унаслідок чого виконують різні функції.

## **2. Особливості будови клітин прокариотів та еукариотів.**

П'ять царств живих організмів утворені двома типами клітин: прокариотичними, що не мають типових ядер (бактерії і синьозелені водорості), й еукаріотичними, яким властиві ядра (більшість одноклітинних організмів, рослини, гриби і тварини).

Будова прокариотичних (доядерних) організмів значно простіша, ніж еукаріотичних. *Прокариоти* – бактерії, синьо-зелені водорості (ціанобактерії). Клітини прокариотів не мають сформованого ядра – його замінює особлива ядерна зона в цитоплазмі. У прокариотів немає типових хромосом, їхній спадковий матеріал представлений лише молекулою ДНК, яка не має зв'язку з білками. Прокариоти позбавлені деяких органел, характерних для клітин еукаріотів: ендоплазматичної сітки, мітохондрій, пластид, апарата Гольджі, лізосом та ін. Рибосоми прокариотів дрібніші, ніж у еукаріот. Функціональну роль мітохондрій та пластид у клітинах прокариотів виконують досить просто побудовані мембранні структури.

Багато *бактерій* мають медичне і ветеринарне значення як збудники хвороб. Всі структурні елементи клітини бактерій поділяються на постійні та тимчасові (необов'язкові).

*Клітинна стінка* – обов'язковий структурний елемент клітини (виняток – мікоплазми), що являє собою еластичний, міцний, пружний полісахаридний шар із зовнішнього боку плазматичної мембрани. Надає клітині певної форми

та регулює водний обмін; витримує внутрішньоклітинний тиск 20 – 30 атм. Клітинна стінка наявна тільки у мікроорганізмів та рослин.

*Нуклеоїд* – бактеріальна ДНК, геном клітини. Майже уся генетична інформація прокаріотів міститься в одній молекулі ДНК, що має форму ковалентно замкнутого кільця і одержала назву бактеріальної хромосоми. Довжина молекули у розгорнутому .

Створення клітинної теорії – найважливіша подія в біології, один з вирішальних доказів єдності всієї живої природи. Виникнення цитології пов'язано зі створенням клітинної теорії – найбільш широкого та фундаментального з усіх біологічних узагальнень. Сформував її німецький зоолог Т. Шванн у 1838 р., спираючись на праці німецького ботаніка М. Шлейдена. Цю теорію пізніше доповнив німецький вчений Р. Вірхов та російський вчений К. Бер.

*Основні положення клітинної теорії:*

1. Клітина – основна одиниця будови і розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця всього живого.
2. Клітини всіх одно- і багатоклітинних організмів подібні (гомологічні) за своєю будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності та обміном речовин.
3. Клітини розмножуються поділом, і кожна нова клітина утворюється внаслідок поділу материнської клітини.
4. Клітини є частинами цілісного організму. У багатоклітинному організмі клітини є елементами його будови, але вони не однакові, а різні, спеціалізовані у певних напрямках, унаслідок чого виконують різні функції.

## **2. Особливості будови клітин прокаріотів та еукаїотів.**

П'ять царств живих організмів утворені двома типами клітин: прокаріотичними, що не мають типових ядер (бактерії і синьозелені водорості), й еукаріотичними, яким властиві ядра (більшість одноклітинних організмів, рослини, гриби і тварини).

Будова прокаріотичних (доядерних) організмів значно простіша, ніж еукаріотичних. *Прокаріоти* – бактерії, синьо-зелені водорості (ціанобактерії). Клітини прокаріотів не мають сформованого ядра – його замінює особлива ядерна зона в цитоплазмі. У прокаріотів немає типових хромосом, їхній спадковий матеріал представлений лише молекулою ДНК, яка не має зв'язку з білками. Прокаріоти позбавлені деяких органел, характерних для клітин еукаріотів: ендоплазматичної сітки, мітохондрій, пластид, апарата Гольджі, лізосом та ін. Рибосоми прокаріотів дрібніші, ніж у еукаріот. Функціональну роль мітохондрій та пластид у клітинах прокаріотів виконують досить просто побудовані мембранні структури.

Багато *бактерій* мають медичне і ветеринарне значення як збудники хвороб. Всі структурні елементи клітини бактерій поділяються на постійні та тимчасові (необов'язкові).

## Як відбувається транспортування речовин крізь плазматичну мембрану?

Обмін речовин, енергії та інформації на рівні клітин відбувається внаслідок: 1) надходження речовин й енергії у клітину; 2) метаболізму; 3) видалення із клітин. Які структури клітин забезпечують ці процеси?

Мембранне транспортування (лат. *transporto* — переміщую) забезпечує перенесення різноманітних речовин, енергії та інформації крізь клітинні мембрани. Малі молекули та йони проходять крізь мембрани шляхом пасивного або активного транспортування, а перенесення макромолекул здійснюється завдяки ендо- й екзоцитозу.

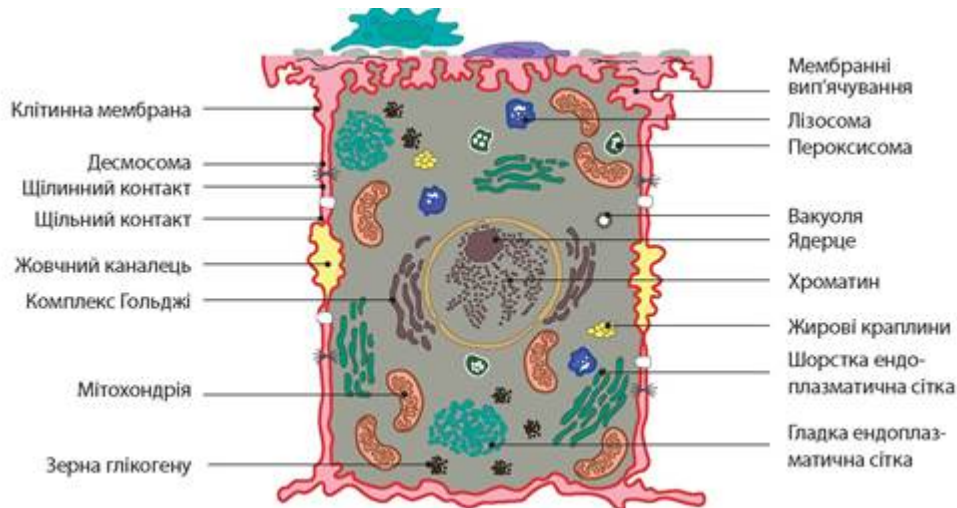
Транспортування речовин крізь мембрани	
Пасивне транспортування	Активне транспортування
Проста дифузія Полегшена дифузія Осмос	Крізь мембрану (йонні насоси) У мембранній упаковці: ендоцитоз (фагоцитоз і піноцитоз) та екзоцитоз

Функції тих чи інших клітин обов'язково позначаються на будові їхніх клітинних мембран. Так, гепатоцити на одному зі своїх полюсів мають мікроворсинки або внутрішньоклітинні вип'ячування мембран для збільшення поверхні й всмоктування шляхом дифузії речовин із крові. Розчинні у воді сполуки транспортуються в клітини шляхом осмосу, а гідрофобні неполярні речовини — шляхом полегшеної дифузії за участі білків-переносників. Мембрана гепатоцитів має високу ферментну активність для активного транспортування йонів й молекул як усередину клітини, так і з клітини. Активне транспортування речовин крізь мембрану здійснюється проти градієнта їх концентрації із затратою енергії АТФ та за участі спеціальних мембранних білків, які називаються йонними насосами. Наприклад, натрій-калієвий насос забезпечує переміщення низькомолекулярних сполук (амінокислот, глюкози) крізь мембрану за рахунок різної концентрації йонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  всередині клітини і ззовні. За участі АТФ відбуваються ендоцитоз та екзоцитоз. При ендоцитозі плазматична мембрана утворює вирости, які потім перетворюються на внутрішньоклітинні пухирці, що містять захоплений клітиною матеріал. Розрізняють два види ендоцитозу: фагоцитоз і піноцитоз. Шляхом ендоцитозу відбувається всмоктування ліпопротеїнових частинок із крові після прийому жирної їжі, а шляхом екзоцитозу — вивільнення в кров жирових краплин, жовчі. У здійсненні транспортування речовин велике значення мають міжклітинні контакти. Так, біля жовчних каналців, у які секретується жовч, мембрани гепатоцитів зв'язані щільними контактами й десмосомами для запобігання дифузії. Для передачі сигнальних молекул чи поживних речовин між гепатоцитами існують щілинні контакти.

Отже, впорядкованість й регуляцію потоку речовин, енергії та інформації у клітину і з клітини забезпечує мембранне транспортування.

## Які структури клітини забезпечують процеси метаболізму?

МЕТАБОЛІЗМ (від грец. метаболе — перетворення, зміна) — сукупність хімічних процесів, що забезпечують перетворення речовин, енергії та інформації в клітині. Ці зміни спрямовані на ВПОРЯДКОВАНІСТЬ клітини, тому в метаболічних процесах беруть участь усі структури клітини. Особливості будови клітин, кількість й різноманітність їх структур залежать від інтенсивності процесів її метаболізму та функцій в організмі. Для того щоб переконатись у цьому, розглянемо особливості будови гепатоцитів (іл. 62).



### Іл. 62. Будова гепатоцита

У центральній частині гепатоцита розміщене ядро з одним або двома ядерцями. Ядра можуть бути диплоїдними ( $2n$ ), тетраплоїдними ( $4n$ ) й навіть октаплоїдними ( $8n$ ), що залежить від функціонального стану організму. Кількість таких ядер із віком поступово збільшується і до старості досягає 80 %.

Основною функцією гепатоцита є утворення й секреція жовчі у жовчні каналці. Через те в клітинах добре розвинуті секреторні міхурці. Цитоплазма гепатоцитів рясніє мітохондріями, кількість яких в одній клітині може досягати 2000. Ці двомембранні органели окиснюють органічні речовини й синтезують у великій кількості АТФ.

Важливу роль відіграють гепатоцити в синтезі білків, вуглеводів і ліпідів. Гепатоцити синтезують альбуміни, більшу частину глобулінів і білків, що беруть участь у зсіданні крові. Білки в гепатоцитах синтезуються в шорсткій ЕПС, надходять до комплексу Гольджі, набувають функціональних особливостей, упаковуються в міхурці й виділяються за допомогою екзоцитозу в кров. Метаболізм вуглеводів й ліпідів пов'язаний з гладкою ЕПС, яка розсіяна в цитоплазмі у вигляді цистерн, трубочок й міхурців. Гепатоцити під дією інсуліну перетворюють надлишок глюкози на глікоген, який відкладається у вигляді зерен у цитоплазмі. За нестачі глюкози зерна глікогену розщеплюються до глюкози. У гепатоцитах також відбувається накопичення ліпідів у вигляді жирових краплин.

Отже, кількість, наявність та участь структур клітини в тих чи інших процесах визначається саме особливостями метаболізму та функціями клітин.

### **Як відбувається знешкодження та виділення речовин із клітин?**

У клітину разом з необхідними для її життя речовинами можуть потрапляти ззовні чужорідні або утворюватися всередині токсичні речовини (амоніак, гідроген пероксид, індол, скатол). Вони зазнають перетворень і видаляються. Біотрансформація (від грец. *bios* — життя, лат. *transformatio* — перетворення) — біохімічні процеси, в ході яких речовини зазнають змін під дією різних ферментів клітин. У ході першої фази біотрансформації молекула шкідливої речовини збагачується полярними функціональними групами, що робить її реакційноздатною і розчинною у воді. У другій фазі відбуваються синтетичні процеси поєднання з ендogenous молекулами (наприклад, з глюкуроною кислотою, сульфатами, гліцином), у результаті чого утворюються полярні сполуки, які й виводяться з клітин.

Знешкодження токсичних сполук у клітинах забезпечується ферментами оксидоредуктазами, гідролазами, пероксидазами та відбувається в цитоплазмі, ЕПС, мікротільцях, мітохондріях, лізосомах. Так, за допомогою ферментів ЕПС відбувається детоксикація алкоголю, пероксидаза мікротілець розщеплює гідроген пероксид на воду й кисень. У гепатоцитах отруйний амоніак знешкоджується в процесі перетворення на сечовину.

Основними процесами клітинного виділення є: а) розчинення продуктів обміну речовин й видалення їх з клітин за участі вакуолей, залишкових тілець; б) ізолювання продуктів обміну у вигляді клітинних включень.

Отже, у клітинах відбуваються процеси, під час яких знешкоджуються, перетворюються й видаляються назовні шкідливі речовини та підтримується клітинний гомеостаз.

*Клітинна стінка* – обов'язковий структурний елемент клітини (виняток – мікоплазми), що являє собою еластичний, міцний, пружний полісахаридний шар із зовнішнього боку плазматичної мембрани. Надає клітині певної форми та регулює водний обмін; витримує внутрішньоклітинний тиск 20 – 30 атм. Клітинна стінка наявна тільки у мікроорганізмів та рослин.

*Нуклеоїд* – бактеріальна ДНК, геном клітини. Майже уся генетична інформація прокаріотів міститься в одній молекулі ДНК, що має форму ковалентно замкнутого кільця і одержала назву бактеріальної хромосоми. Довжина молекули у розгорнутому вигляді може складати більше 1 мм, тобто майже у 1000 разів перевищувати довжину бактеріальної клітини. Хромосоми більшості прокаріотів мають молекулярну масу в межах  $(1 - 3) \cdot 10^9$  Да.

*Функції нуклеоїду.* Нуклеоїд є основним носієм генетичної інформації. За його допомогою відбувається передача спадкової інформації від покоління до покоління бактерій. Він керує всіма фізіолого-біохімічними процесами у клітині.

*Плазмід.* Окрім нуклеоїду, в бактеріальній клітині наявні також позахромосомні генетичні елементи – плазмід. Це – низькомолекулярні

ДНК, які містять від 1,5 до 4 тис. пар нуклеотидів. Плазмідні – за кільцювані, в цитоплазмі знаходяться поза нуклеоїдом. Вони виявлені у 135 видів бактерій, які належать до 40 родів. Плазмідні розмножуються незалежно від нуклеоїду і визначають деякі властивості бактерій.

Плазматична або клітинна мембрана часто утворює випинання в цитоплазмі, які називаються *мезосомами*. Вони виконують функцію утворення АТФ – багатої на енергію сполуки. У прокариотів рух цитоплазми й амебоїдний рух відсутні; переміщуються вони найчастіше за допомогою джгутиків, організованих значно простіше від джгутиків еукаріотів. Прокариоти поширені практично всюди. Вони відрізняються величезною різноманітністю, швидким ростом, коротким часом генерації. Прокариотична клітина може зазнавати поділу через кожних 20 хв. і таким чином утворювати за 10 год до 5 млрд. клітин.

*Еукаріоти* – організми, клітини яких мають ядро (від грец. - *χάρουον*), оточене мембранною оболонкою. До еукаріотів належать найпростіші, гриби, рослини і тварини. Генетичний матеріал зосереджений переважно у хромосомах, що мають складну будову й утворені нитками ДНК і гістоновими білковими молекулами. Поділ клітин – мітотичний. У цитоплазмі розрізняють багато характерних органел: центріолі, мітохондрії, пластиди та інші.

## ТЕМА 19 ОСОБЛИВОСТІ ОБМІНУ РЕЧОВИН В АВТОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ.

**Автотрофи** (від авто... і грец. троφή — їжа, живлення) — організми, які синтезують усі органічні речовини, необхідні для їхньої життєдіяльності, з простих неорганічних сполук (води, карбон діоксиду, неорганічних сполук Нітрогену), що містяться у воді, ґрунті, повітрі. Джерелом енергії для здійснення біосинтезу у фототрофних організмів є сонячне світло, у хемотрофних — енергія, що вивільняється внаслідок окисно-відновних перетворень простих неорганічних сполук.

Автотрофи поділяють на дві великі групи:

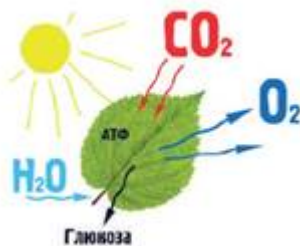
1. Фотоавтотрофи (рослини бактерії, археї), які, залучаючи сонячну енергію для біосинтезу органічних сполук, здійснюють різноманітні реакції фотосинтезу;

2. Хемотрофи (бактерії, археї), які в процесі біосинтезу використовують енергію окисно-відновних реакцій перетворень простих неорганічних сполук.

Традиційно автотрофи протиставляють гетеротрофам — споживачам готової органічної речовини. Існує також проміжна група — міксотрофи, до якої належать організми, здатні як до автотрофного, так і до гетеротрофного живлення залежно від умов існування (евгленові водорості, міксотрофні бактерії). Автотрофи — продуценти, адже вони створюють первинну біологічну продукцію; завдяки їм створюється трофічна база для консументів і редуцентів, які є споживачами готової органічної речовини. Вважається, що в процесі еволюції автотрофи виникли після гетеротрофів.

**Які особливості живлення зелених рослин як автотрофних організмів?**

**АВТОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ** (від грец. аутос — сам і трофос — їжа) — це надходження в організм неорганічних речовин, необхідних для синтезу власних органічних сполук. Залежно від джерел енергії, що використовується при цьому, розрізняють фотоавтотрофне живлення (властиве ціанобактеріям і зеленим рослинам, у клітинах яких є зелені пігменти, що вбирають зовнішню світлову енергію) (іл. 63) та хемоавтотрофне живлення (у деяких груп бактерій, які використовують внутрішню хімічну енергію неорганічних сполук).



Іл. 63. Схема фотоавтотрофного живлення в рослин

Якими ж є особливості обміну речовин й енергії у зелених рослин як найдосконалішої групи автотрофів?

По-перше, у зелених рослин надходження неорганічних речовин забезпечують регульовані процеси повітряного і мінерального живлення. Повітряне живлення — це процес поглинання та засвоєння з повітря вуглекислого газу, який є вихідним продуктом для фотосинтезу. Надходження  $\text{CO}_2$  відбувається крізь продихи листка, тому саме цей вегетативний орган є органом повітряного живлення. Мінеральне живлення — це процес поглинання та засвоєння з ґрунту води та хімічних елементів, необхідних для життєдіяльності. Органом мінерального живлення в рослин є корінь.

По-друге, звичайним явищем для зелених рослин є поєднання автотрофного живлення з гетеротрофним й використання готових органічних речовин із зовнішнього середовища або із резервів у клітинах. В усіх рослин є період, коли організм використовує для життя раніше синтезовані та відкладені про запас органічні речовини. У темновий період живлення рослин також є гетеротрофним. За особливостями живлення серед рослин виокремлюють такі групи: рослини-сапрофіти (ялиничка звичайна, гніздівка звичайна), рослини-напівпаразити (омела-біла, дзвінець, перестріч, очанка), рослини-паразити (вовчок, петрів хрест, повитиця), рослини-хижаки (венерина мухоловка, росичка круглолиста, жирянка, пухирник, непентес).

По-третє, зелені рослини із середовища отримують енергію Сонця. Утворення глюкози залежить передусім від якості й кількості світлової енергії, що поглинається хлорофілом і каротиноїдами листків. Найбільше значення для рослин мають сині, фіолетові й червоні промені видимого спектра. На початкових стадіях вегетації для росту й розвитку рослин важливими є сині промені, а в дорослому віці більш необхідними стають червоні промені.

Отже, особливостями живлення зелених рослин є повітряне й мінеральне живлення, використання готових органічних речовин і світлової енергії.

Хімічні джерела енергії — це окисно-відновні хімічні реакції, які відбуваються у клітинах організму. Організми, які їх використовують, називають хемоавтотрофами (хемотрофами), а сам процес — хемосинтезом.

### **Які особливості внутрішньоклітинного метаболізму автотрофних організмів?**

Визначальними процесами автотрофного метаболізму є анаболічні реакції. Це різні види фотосинтезу архей, фотобактерій та еукаріотичних рослин й хемосинтез залізо-, сірко- та нітрифікуючих бактерій. У деяких солелюбних (галофільних) архей спостерігається безхлорофільний фотосинтез, що здійснюється за участі бактеріородопсину. Принциповою відмінністю між кисневим фотосинтезом зелених рослин й ціанобактерій та бактеріальним фотосинтезом зелених і пурпурних сіркобактерій є те, що останній відбувається за участі бактеріохлорофілів у анаеробних умовах,



кисень не виділяється, джерелом Гідрогену є сірководень. Кисневий фотосинтез відбувається з виділенням кисню за участі хлорофілів й каротиноїдів у зелених рослин та хлорофілів і фікобілінів — у ціанобактерій. Джерелом Гідрогену та молекулярного кисню для цього фотосинтезу слугує вода.

Ще однією особливістю автотрофів є їхня здатність перетворювати продукти фотосинтезу на амінокислоти, жирні кислоти, нуклеотиди, з яких далі утворюються складні біомолекули. Такий автотрофний анаболізм, що пов'язаний з фото- й хемосинтезом, називається первинним синтезом органічних речовин. І ось тут виявляється ще одна особливість, пов'язана з використанням мінерального Нітрогену у вигляді амоніаку й нітратів, а точніше їхніх йонів ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Зелені рослини можуть завдяки цьому синтезувати усі необхідні їм амінокислоти в процесах амінування й переамінування.

Біосинтез білка в автотрофів відбувається так само, як і у тварин: на рибосомах за участі рРНК й тРНК. Однак у рослин існує додатковий шлях синтезу білка за допомогою ферментів-транспептидаз (транспептидази). Він полягає в тому, що ферменти переносять пептиди від однієї білкової молекули до іншої. При цьому відбувається рекомбінація ділянок різних білкових молекул із заданою амінокислотною послідовністю. В результаті нові білки утворюються без великих витрат енергії та речовин.

Для катаболізму автотрофів також характерні особливості, пов'язані з хемо- й фотосинтезом. Автотрофні організми в реакціях катаболізму розщеплюють синтезовані ними ж органічні речовини (найчастіше глюкозу або крохмаль). Окрім того, АТФ синтезується не лише в процесі дихання після окиснення глюкози, а й під час світлової фази фотосинтезу завдяки фотофосфорильованню.

Отже, метаболізм автотрофних організмів має особливості, що визначаються їхньою здатністю до первинного синтезу органічних сполук з неорганічних речовин.

### **Які особливості виділення речовин у автотрофів?**

Екскреція — сукупність процесів, спрямованих на виведення невикористаних продуктів обміну речовин й енергії, а також чужорідних і шкідливих для клітини сполук. Особливостями екскреції у автотрофів є те, що вони — первинні продуценти і синтезують в необхідній кількості усі потрібні органічні речовини. Наприклад, у рослин синтезується лише стільки білків, скільки необхідно на даний час.

Вони ніколи не утворюють білків у надлишку і тому виділяють дуже мало нітрогеновмісних відходів — продуктів розщеплення білків. Окрім того, кінцеві продукти обміну речовин у автотрофних організмів ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , вода) слугують вихідними сполуками для інших реакцій. Наприклад, у рослин  $\text{CO}_2$  використовується в темновій фазі фотосинтезу, а вода — в світловій. Спеціалізованих органів екскреції у автотрофів немає, однак продукти виділення в них можуть накопичуватися та видалятися в середовище з тканинами й органами, що відмирають. Так, у зелених рослин

відходи метаболізму відкладаються у відмерлих тканинах, у листках чи корі, що періодично видаляються. Виділення води у вигляді пари відбувається під час транспірації через продиhi, сочевички, видалення надлишку води (гутація — від лат. gutta — крапля) — через водяні продиhi (гідатоди) тощо. Вода випаровується через усі частини рослини та найінтенсивніше це здійснюють листки (іл. 64).



#### **Іл. 64. Гутація на листках приворотня блискучого**

Своєрідним способом виділення є внутрішньоклітинне виділення та ізоляція переведених у важкорозчинну форму продуктів обміну. Наприклад, органічні кислоти, що можуть спричинити шкоду клітині, зв'язуються з катіонами і відкладаються у вигляді кристалів у цитоплазмі (наприклад, включення з кальцій оксалату в щавлю).

Отже, виділення речовин у процесі життєдіяльності є важливим компонентом обміну речовин і гомеостазу рослинного організму.

#### **Обмін речовин у автотрофів**

Автотрофні організми не отримують органічних речовин із зовнішнього середовища і повинні виробляти їх самостійно. Тому немає сенсу говорити про незамінні амінокислоти і вітаміни для рослин. Автотрофи отримують необхідні їм органічні речовини з неорганічних, використовуючи енергію, яка може надходити з фізичних або хімічних джерел.

Фізичним джерелом енергії є випромінення Сонця. Ті організми, які його використовують для синтезу органічних речовин, називають фотоавтотрофами (фототрофами). А власне процес утворення органічних речовин з використанням енергії Сонця — фотосинтезом.

**ОБМІН РЕЧОВИН У АВТОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ** — це обмін, що характеризується надходженням неорганічних речовин, які є джерелом Карбону, Гідрогену й Нітрогену, переважанням у клітинах анаболічних реакцій, первинним синтезом власних органічних сполук і використанням кінцевих продуктів обміну для реакцій.

У живленні рослин велике значення мають гумусні органічні речовини ґрунтів. У землеробстві з давніх-давен відомо: чим більше гумусу в ґрунті, тим він родючіший. Тому не випадково створене з допомогою дощових каліфорнійських черв'яків органічне добриво «Біогумус» нині широко застосовується у вирощуванні рослин.

## ТЕМА 20

### ОСОБЛИВОСТІ ОБМІНУ РЕЧОВИН У ГЕТЕРОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ

Тварини - гетеротрофи. Вони мусять добувати енергію, споживаючи готові органічні речовини, створені іншими істотами. В організмі тварин ці речовини змінюються. З їжі добуваються поживні речовини, які засвоюються організмом. Ці поживні речовини окиснюються, унаслідок чого звільняється енергія.

Кисень для здійснення хімічних реакцій тварини отримують з повітря за допомогою органів дихання або через покриви. Доправити кисень і поживні речовини до клітин допомагає транспортна система організму - кровоносна. Завдяки їй не потрібні організму речовини з клітин прямують до органів виділення, через які видаляються з організмів. Отже, злагоджена робота органів і систем органів організму забезпечує обмін речовин як усередині самого організму, так і організму з навколишнім середовищем.

Обмін речовин - це сукупність процесів надходження речовин до організму, їхнього перетворення в ньому, а також виведення назовні кінцевих продуктів обміну.

Будь-якому організму потрібна енергія для того, щоб відбувалися реакції обміну речовин, які дають йому життя. Рослини як автотрофи здатні засвоювати енергію Сонця, поглинаючи з ґрунту мінеральні сполуки і вбираючи вуглекислий газ із атмосферного повітря. Тварини – гетеротрофи. Вони мусять добувати енергію, споживаючи готові органічні речовини. В організмі тварин ці речовини змінюються. Їжа перетворюється на поживні речовини, які засвоюються організмом. Ці поживні речовини окислюються, унаслідок чого звільняється енергія.

Кисень для здійснення хімічних реакцій тварини отримують з повітря за допомогою органів дихання. Доправити кисень і поживні речовини до клітин допомагає транспортна система організму – кровоносна. Завдяки їй не потрібні організму речовини з клітин прямують до органів виділення, через які видаляються з організмів. Отже, злагоджена робота органів і систем органів організму забезпечує обмін речовин як усередині самого організму, так і організму з навколишнім середовищем.

Обмін речовин – це сукупність процесів надходження речовин до організму, їхнього перетворення в ньому, а також виведення назовні продуктів обміну.

#### **Особливості обміну речовин гетеротрофного організму.**

Всі живі організми живляться і це зрозуміло. Їжа містить хімічні речовини необхідні для утворення нових клітин і забезпечення енергією процесів, що відбуваються в організмі.

Запам'ятайте живлення – це процес отримання поживних речовин і енергії.

Джерелом енергії для більшості організмів є сонце. З усіх живих організмів тільки рослини можуть отримувати сонячну енергію безпосередньо. Як же це відбувається. Рослини не мають спеціальної травної системи, так як поживні речовини утворюються у клітинах, або проникають в них через клітинні мембрани. (Фотосинтез)

Тварини в процесі живлення використовують сонячну енергію накопичену в рослинах (рослиноїдні).

Хижак живляться рослиноїдними тваринами.

На відміну від рослин тварині потрібні для живлення складні органічні речовини: білки, жири і вуглеводи, які вони отримують, поїдаючи рослини або інших тварин. Такий тип живлення називається тваринним або гетеротрофним.

**Гетеротрофне живлення**(тобто використовуючи готові органічні сполуки) живляться тварини, гриби, комахоїдні рослини і більшість бактерій.

По способу життя гетеротрофів можна розділити на:

- вільноживучих, коли організми вільно живуть в певному середовищі (серед них можуть бути хижаки, травоядні, плодоїдні);
- симбіотичних, коли організми існують спільно, отримуючи від цього взаємну вигоду.

#### **Типи гетеротрофного живлення.**

Існує два типи гетеротрофного живлення.

1. Голозойний, коли завдяки складному комплексу травних ферментів організм може споживати складні, найчастіше тверді, органічні з'єднання.

2. Сапротрофний, коли організм живиться розчинами простих органічних речовин. Іноді вони виділяють ферменти безпосередньо на субстрат, а потім всмоктують поживні речовини, що утворилися. Знищуючи мертві рослини і тварини, сапротрофи відіграють важливу роль в кругообігу речовин.

За способами одержання їжі гетеротрофне живлення поділяють на простий і симбіоз.

Живлення тварин можна поділити на такі етапи, як кормодобування, травлення і всмоктування

**ГЕТЕРОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ** (від грец. гетерос — різний і трофос — їжа) — це процес надходження в організм готових органічних речовин, що слугують джерелом Карбону. Залежно від джерел енергії розрізняють фотогетеротрофне живлення (пурпурні несірчані бактерії, геліобактерії мають бактеріохлорофіли, що використовують зовнішню світлову енергію) та хемогетеротрофне живлення (археї, більшість бактерій, тварини, гриби, що використовують внутрішню хімічну енергію органічних сполук). У живій природі виокремлюють ще один тип живлення — міксотрофний. Міксотрофне живлення (від грец. міксо — змішаний і їжа) — це процес надходження в організм за одних умов середовища неорганічних речовин для фотоавтотрофного живлення, а за інших умов — готових органічних речовин для хемогетеротрофного живлення. Іншими словами, це змішане живлення,

що спостерігається в комахоїдних рослин, рослин-паразитів, евглени зеленої, діатомових водоростей, певних груп бактерій.

### ЯКІ Є СПОСОБИ ЖИВЛЕННЯ ТВАРИН?

За способом живлення тварин поділяють на рослиноїдних (живляться рослинами), м'ясоїдних (поїдають тварин), всеїдних (споживають і рослину, і тваринну їжу), сапротрофів (живляться рештками інших організмів) (мал. 169).



Мал. 169. Схема, що ілюструє способи живлення тварин

– Рослиноїдних тварин ще називають фітофагами (мал. 170). Це різні види кліщів, комах, моллюсків, риб (як-от, товстолоб), рептилій (наприклад, різні види ігуан), ссавців (гризуни, зайцеподібні, копитні тварини).

Живлення рослиною їжею має свої особливості. Як ви пам'ятаєте, клітина рослини має додаткову оболонку з целюлози. Лише небагато видів тварин виробляють травні соки, здатні розщеплювати цю органічну речовину. Тому в їхній травній системі оселяються мікроорганізми (наприклад, у шлунку жуйних тварин), які допомагають тваринам перетравлювати їжу.

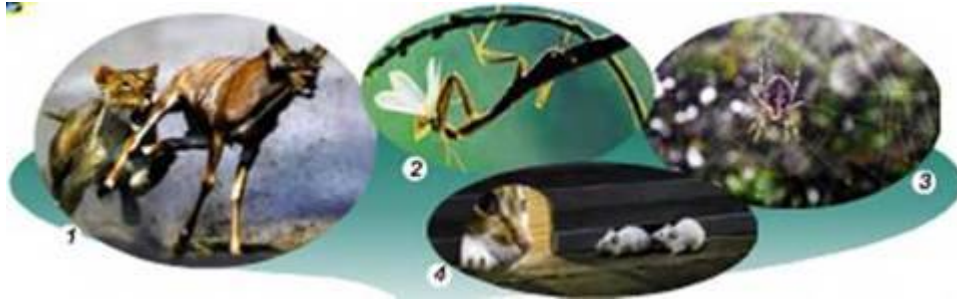
– До м'ясоїдів належать хижаки, що полюють на інших тварин, та більшість паразитів, які живуть за рахунок інших тварин.

Хижацтво – це такі взаємовідносини між організмами різних видів, коли один з них – хижак – упольовує тварину, вбиває її та живиться за рахунок здобичі. До хижаків належить більшість кишковопорожнинних, ракоподібних, павукоподібних, головоногих моллюсків, риб, амфібій, рептилій. Є хижаки серед кільчастих червів, комах, червононогих моллюсків, птахів і ссавців.

Хижаки виробляють різні стратегії впольовання здобичі (мал. 171). Багато видів хижаків активно наздоганяє свою здобич. Найшвидший з них – гепард – переслідуючи здобич на коротких відстанях (у кількості метрів), може розвивати швидкість до 115 км/год. Щука у відкритих водоймах може довго переслідувати рибу, що тікає. На льоту ловлять здобич серпокильці й ластівки. Типовий мисливець із засідки – кіт свійський. Він може годинами чекати на мишу біля входу, що веде в підпілля.



Мал. 170. Тварини фітофаги: 1 – гусінь метелика; 2 – товстолоб; 3 – козуля



Мал. 171. Стратегії хижацтва: 1 – левиця наздоганяє антилопу; 2 – богомол полює на здобич із засідки; 3 – павук-хрестовик і його ловильна сітка; 4 – кіт у засідці

Багато павуків влаштовує хитромудрі пастки: дуже гарну і правильну за формою сітку плете павук-хрестовик. Своєрідна засідка в богомола: він сидить нерухомо і чекає, поки поблизу від нього саде неуважна муха або коник. Тоді богомол дуже повільно підбирається до здобичі, обережно переставляючи довгі стрункі ноги, на частку секунди завмирає, миттєво викидає свої передні “ловильні” ноги.

Паразитизм широко розповсюджений у світі тварин. Паразити живляться тканинами та соками живих істот. Відомі різні види червів, які паразитують у тілі людини і різних тварин (пригадайте їх). Вони виснажують організм хазяїна, виділяють шкідливі для нього речовини і травмують внутрішню поверхню стінок кишечника чи інших органів. Є й такі паразити, які оселяються на тілі хазяїна. Наприклад, блохи та воші, що ссуть кров.

Досить близькими за способом живлення до паразитів є кровосисні види. Але вони перебувають на тілі хазяїна лише під час живлення (іксодові кліщі, комарі).

– Сапротрофами називають організми, які споживають мертву органіку. Пригадайте, сапротрофами є багато видів грибів. Є сапротрофи і серед тварин (мал. 172). Рештками рослин живляться дощові черв'яки. Переробляючи відмерлі частини рослин, ці тварини відіграють важливу роль у процесах ґрунтоутворення. Скарабей священний (мал. 172, 1) належить до копрофагів – споживачів екскрементів тварин. Переробляючи послід копитних тварин, він робить з гною кулю, яку закопує в ґрунт на глибину до 40 см. У кулю з гною скарабей відкладає яйце. Личинка з'їдає заготовлені для неї запаси та заляльковується в залишках їжі.

“Санітарну” функцію здійснюють також споживачі трупів тварин – некрофаги (мал. 172, 3). Це, наприклад, жуки-гробарики. Залишками від обіду хижих звірів і трупами тварин живляться грифи.



Мал. 172. Тварини-сапротрофи: 1 – скарабей священний; 2 – дощовий черв'як; 3 – жух-гробарик; 4 – гриф чорний



Мал. 173. Тварини-фільтратори: 1 – мідії; 2 – кит горбам

– Серед мешканців водойм є тварини, які споживають дрібні організми та частинки органіки, завислі у воді. Таких тварин називають фільтраторами (мал. 173). До них належать двостулкові молюски (наприклад, жабурниці та перлівниці), губки. Великий об'єм води проціджують через своєрідний фільтр – китовий вус – вусаті кити. За допомогою особливого цідильного апарату, утвореного зябровими дугами, живиться й велетенська китова акула. Тварини-фільтратори сприяють процесам самоочищення водойм.

### **Особливості метаболізму гетеротрофів.**

Визначальними й переважаючими процесами метаболізму гетеротрофів є катаболічні реакції розщеплення складних органічних речовин. Завдяки їм відбуваються вивільнення хімічної енергії, перетворення її в енергію АТФ і використання для життєдіяльності та реакцій анаболізму. Катаболізм більшості гетеротрофів можна поділити на три етапи.

- Підготовчий етап — це специфічний для гетеротрофів етап перетравлювання й розщеплення біополімерів до малих молекул: білки — до амінокислот, жири — до жирних кислот і гліцеролу, полісахариди — до моносахаридів. Цей етап відбувається у травній системі, а також внутрішньоклітинно в лізосомах. У цих процесах не виділяється достатньої кількості енергії для синтезу АТФ, вся вона втрачається в тепловій формі.

- Безкисневий (анаеробний) етап — розщеплення мономерів до ще менших молекул, переважно ацетил-КоА; на цьому етапі в реакціях синтезується незначна кількість АТФ. За неповного розщеплення 1 моль глюкози вивільняється 200 кДж енергії. Одним із основних шляхів 2-го етапу аеробного дихання є гліколіз.

- Кисневий (аеробний) етап включає цикл Кребса та окиснювальне фосфорилування, що відбуваються в мітохондріях. На цьому етапі органічні речовини окиснюються до вуглекислого газу, а всі відщеплені від них електрони та протони переносяться на кисень, внаслідок чого утворюється

вода. На цьому етапі синтезується найбільша кількість АТФ. Так, з 1 моль глюкози вивільняється 2600 кДж енергії.

Вивільнена енергія й малі молекули беруть участь в анаболічних процесах утворення власних органічних речовин. Таку сукупність перетворень називають вторинним синтезом органічних речовин. Цей синтез здійснюється завдяки внутрішньоклітинній енергії окиснення речовин, а не зовнішній світловій енергії, як у автотрофів. Ще однією особливістю анаболізму гетеротрофів є потреба в незамінних амінокислотах й жирних кислотах, що не синтезуються в їхніх організмах і мають надходити з їжею. На відміну від автотрофів, здатних засвоювати Нітроген мінеральних сполук, гетеротрофні організми потребують Нітроген в органічній формі (амінокислоти, білки).

Отже, метаболізм гетеротрофних організмів має особливості, що визначаються використанням готових органічних речовин та їхньою здатністю до вторинного синтезу органічних речовин.

### **Екскреція у гетеротрофних організмів.**

У зв'язку з різноманіттям видів живлення й переважанням катаболічних реакцій розщеплення в організмі гетеротрофів утворюються й видаляються дуже різні речовини. Такими сполуками можуть бути:

- 1) кінцеві продукти окиснення (вуглекислий газ, вода);
- 2) надлишок води й солей;
- 3) отруйні сполуки, що надійшли до організму з їжею або утворилися під час реакцій (наприклад, токсини);
- 4) кінцеві продукти обміну білків (амоніак, сечовина); 5) чужорідні речовини (наприклад, отрутохімікати, радіонукліди).

Виділення з організму може здійснюватись шляхом дифузії (у грибів, твариноподібних організмів, бактерій) або за участі спеціальних видільних органів (протонефридії, метанефридії, зелені залози, мальпігієві трубочки, нирки)





## **Лл. 66. Органи виділення представників різних груп тварин**

Своєрідним способом виділення є відкладання переведених у важкорозчинну форму продуктів обміну в клітинах тіла (наприклад, у клітинах жирового тіла комах).

Для гетеротрофів важливим видом обміну речовин є обмін білків. У ньому кінцевими продуктами є нітрогеновмісні сполуки — амоніак, сечовина, сечова кислота, що швидко видаляються з організму. Досить часто у зв'язку з потребами економії води легкорозчинні амоніак і сечовина замінюються на важкорозчинні речовини, якими є гуанін (наприклад, у павуків) або сечова кислота (наприклад, у комах, плазунів, птахів).

Отже, завершальний етап обміну речовин й енергії у гетеротрофів також має свої особливості, якими є наявність нітрогеновмісних кінцевих продуктів і спеціалізованих органів виділення.

**ОБМІН РЕЧОВИН У ГЕТЕРОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ** — це обмін, що характеризується надходженням готових органічних речовин, які є джерелом вільної хімічної енергії, Карбону, Гідрогену й Нітрогену, переважанням у клітинах катаболічних реакцій розщеплення цих речовин, вторинним синтезом власних органічних сполук і видаленням із клітин кінцевих продуктів обміну, зокрема амоніаку.

## ТЕМА 21

### РОЛЬ ФЕРМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ МЕТАБОЛІЗМУ КЛІТИНИ ТА ЦІЛІСНОГО ОРГАНІЗМУ

**ФЕРМЕНТИ** (лат. *fermentum* — закваска, бродіння) — біологічні каталізатори білкової природи, які синтезуються в клітинах живих організмів, прискорюють і координують біохімічні реакції, що регулюють обмін речовин (метаболізм).

Залежно від типу хімічної реакції, яку каталізують Ф., розрізняють 6 класів Ф.:

1-й клас — оксидоредуктази (каталізують окисно-відновні реакції);

2-й клас — трансферази (каталізують реакції перенесення окремих атомів та груп від одних субстратів до інших);

3-й клас — гідролази (каталізують реакції гідролітичного розщеплення субстратів);

4-й клас — ліази (каталізують процеси відщеплення певних груп негідролітичним шляхом з утворенням подвійного зв'язку або приєднання будь-яких груп за місцем подвійного зв'язку);

5-й клас — ізомерази (прискорюють процеси ізомеризації органічних сполук);

6-й клас — лігази (синтетази), каталізують реакції синтезу різних речовин, використовуючи енергію АТФ та інших макроергічних сполук.

Згідно з «Номенклатурою ферментів», яку в 1972 р. видала Міжнародна біохімічна спілка, використовують дві назви Ф.

– **систематичну**, яка вказує на дію Ф., ідентифікуючи його,

– **робочу** (тривіальну), якою користуються у щоденній практиці, і яка повинна бути короткою.

Усі Ф. також мають певний шифр, де 4 відокремлені крапками цифри мають конкретний зміст:

перша цифра вказує на належність Ф. до певного класу,

друга — до підкласу,

третья — до підпідкласу,

четверта — на порядковий номер Ф. в його підпідкласі.

На початку шифру того чи іншого Ф. ставляться дві букви — КФ, що означає «класифікація ферментів».

Так, Ф. ліпаза, яка каталізує розщеплення триацилгліцеринів до гліцерину і жирних кислот, належить до 3-го класу (гідролаз), до першого підкласу, тобто до гідролаз, які діють на складноєфірні зв'язки, до першого підпідкласу — каталізаторів гідролітичного розщеплення ефірів карбонових кислот і спиртів. Порядковий номер цього ферменту в підпідкласі — 3, його шифр — КФ 3.1.1.3.

Залежно від хімічного складу Ф. прийнято поділяти на **прості** та **складні**.

**Прості Ф.** — прості білки, побудовані лише із залишків амінокислот.  
**Складні Ф.** — білки, молекула яких має небілкову частину, зокрема, кофермент. Кофермент з'єднується з білковою частиною Ф. — апоферментом слабким нековалентним зв'язком, здатним легко розщеплюватися, іноді — міцним ковалентним зв'язком, утворюючи так звані простетичні групи, які залишаються приєднаними до молекули білка протягом усього каталізу.

Природний комплекс апоферменту з коферментом називається **холоферментом**. У молекулі Ф. розрізняють **активні** та **алостеричні** центри. В **активному центрі**, у свою чергу, розрізняють субстратну та каталітичну ділянки. Перша відповідає за приєднання субстрату до Ф., а друга — за його перетворення. У складних Ф. роль активних центрів виконують кофермент та частина апоферменту, яка безпосередньо сполучається з ними. До алостеричного центру приєднуються молекули, але не субстрати, які зв'язуються з цим центром (так звані модулятори, або алостеричні ефектори) і за будовою (стерично) не схожі на субстрат, а зв'язуючись з алостеричним центром, змінюють конформацію молекули Ф., формуючи активний центр або роз'єднуючи його.

Відповідно **алостеричні** ефектори називаються позитивними (активатори) або негативними (інгібітори). Алостеричними ефекторами можуть бути гормони та їх похідні, різні метаболіти (нормальні продукти обміну речовин), медіатори тощо. Для ферментів характерна абсолютна (до неї належать стереоізомерна) та відносна специфічність. У першому випадку Ф. діє на один субстрат або групу субстратів з однаковим типом будови (групова абсолютна специфічність), у другому — фермент перетворює групу близьких за структурою речовин з однаковим типом зв'язку. Прикладом ферментів з абсолютною специфічністю є уреаза, аргіназа, а з відносною — протеолітичні ферменти, які розщеплюють білки, жири, вуглеводи; кожен з них діє на групу субстратів однакової природи. Для Ф. є характерним вплив на швидкість ферментативного перетворення активаторів та інгібіторів. Розрізняють зворотне та незворотне гальмування каталітичної дії. Незворотне гальмування викликають сильні реагенти, солі важких металів, температурні фактори, що призводять до порушення нативної структури Ф. Зворотне гальмування може бути конкурентним і неконкурентним. Конкурентне гальмування зумовлюють інгібітори, подібні за структурою до субстрату, внаслідок чого виникає конкуренція між субстратом та інгібітором за активні центри Ф.

Швидкість ферментативних реакцій залежить від:

- а) концентрації Ф.;
- б) концентрації субстрату (залежність швидкості ферментативного процесу від концентрації субстрату характеризується константою Міхаеліса);
- в) концентрації водневих іонів (рН) середовища (існують оптимальні значення рН для активної дії кожного Ф.);
- г) температури середовища;
- д) наявності активаторів і інгібіторів.

Сировиною для експериментального та промислового одержання Ф. є, головним чином, біологічний матеріал — мікроорганізми, тканини рослин і тварин. Ф. застосовують у сироварінні, виноробстві, пивоварінні; протеолітичні Ф. широко використовують для обробки шкіри та м'ясних продуктів.

Великого значення в аналітичній практиці та біохімічній технології набуває гетерогенний ферментативний каталіз, який проводять за допомогою іммобілізовані – нерозчинних високоактивних, стійких до дії денатуруючих агентів комплексів Ф. з різними носіями. У медицині широко застосовують такі очищені ферментні препарати, як трипсин, хімотрипсин кристалічний, хімотрипсин, рибонуклеаза, дезоксирибонуклеаза, колагеназа, еластолітин, фібринолізин, стрептодеказа, стрептоліаза, лідаза, ронідаза, пепсин, панкреатин, ораза та ін. Визначення активності Ф. у рідких біологічних середовищах широко застосовують у медицині для діагностики багатьох захворювань.

**Ферменти** – це специфічні білки, що входять до складу всіх кліток і тканин живих організмів граючи роль біологічних каталізаторів. Про ферменти люди дізналися давно. Ще на початку минулого століття в Петербурзі К. С. Кирхгоф з'ясував, що пророслий ячмінь здатний перетворювати полісахарид крохмаль у дисахарид мальтозу, а екстракт дріжджів розщеплював бурячний цукор на моносахариди - глюкозу і фруктозу. Це були перші дослідження у ферментології. Хоча на практиці застосування ферментативних процесів було відомо з давніх часів.

У різних виданнях застосовуються два поняття: "ферменти" і "ензими". Ці назви ідентичні. Вони позначають одне і теж - біологічні каталізатори. Перше слово переводиться як "закваска", друге – "у дріжджах".

Довгий час не представляли, що ж відбувається в дріжджах, яка сила, що є присутнім у них, змушує речовини руйнуватися і перетворюватися в більш прості. Тільки після винаходу мікроскопа було встановлено, що дріжджі – це скупчення великої кількості мікроорганізмів, що використовують цукор у якості своєї основної живильної речовини. Іншими словами, кожна дріжджова клітка "начинена" ферментами здатними розкласти цукор.

Але в той же час були відомі й інші біологічні каталізатори, не ув'язнені в живу клітку, а вільні поза неї. Наприклад, вони були знайдені в складі шлункових соків, клітинних екстрактів. У зв'язку з цим у минулому розрізняли два типи каталізаторів: вважалося, що власне ферменти невіддільні від клітки і поза її не можуть функціонувати, тобто вони "організовані". А "неорганізовані" каталізатори, що можуть працювати поза кліткою, називали ензимами.

Таке протиставлення "живих" ферментів і "неживих" ензимів порозумівалося впливом віталістів, боротьбою ідеалізму і матеріалізму в природознавстві. Точки зору вчених розділилися. Основоположник мікробіології Л. Пастер затверджував, що діяльність ферментів визначається життям клітки. Якщо клітку зруйнувати, то припиниться і дія ферменту.

Хіміки на чолі з Ю. Лабихом розвивали чисто хімічну теорію шумування, доводячи, що активність ферментів не залежить від існування клітки.

У 1871 р. російський лікар М. М. Манассеїна зруйнувала дріжджові клітки, розтираючи їх річковим піском. Клітинний сік, відділений від залишків кліток, зберігав свою здатність зброджувати цукор. Через чверть століття німецький учений Э. Бухнер одержав безклітковий сік пресуванням живих дріжджів під тиском до  $5 \cdot 10$  Па. Цей сік, подібно живим дріжджам, зброджував цукор з утворенням спирту й оксиду вуглецю (IV):

фермент



Роботи А. Н. Лебедева по дослідженню дріжджових кліток і праці інших учених поклали кінець віталістичним представленням в теорії біологічного каталізу, а терміни "фермент" і "ензим" стали застосовувати як рівнозначні.

У наші дні ферментологія - це самостійна наука. Виділено і вивчено близько 2 тис. ферментів.

### **Властивості ферментів**

Найважливішою властивістю ферментів є переважання однієї з декількох теоретично можливих реакцій. У залежності від умов ферменти здатні каталізувати як пряму так і зворотну реакцію. Це властивість ферментів має велике практичне значення.

Інша найважливіша властивість ферментів – термолабільність, тобто висока чутливість до змін температури. Тому що ферменти є білками, то для більшості з них температура понад  $70^\circ\text{C}$  приведе до денатурації і втрати активності. При збільшенні температури до  $10^\circ\text{C}$  реакція прискорюється в 2-3 рази, а при температурах близьких до  $0^\circ\text{C}$  швидкість ферментативних реакцій сповільнюється до мінімуму.

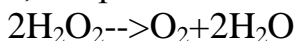
Наступною важливою властивістю є те, що ферменти знаходяться в тканинах і клітках у неактивній формі (проферменти). Класичними його прикладами є неактивні форми пепсину і трипсину. Існування неактивних форм ферментів має велике біологічне значення. Якби пепсин вироблявся відразу в активній формі, то пепсин "переварював" стінку шлунка, тобто шлунок "переварював" сам себе.

### **Класифікація ферментів**

На Міжнародному біохімічному з'їзді було прийнято, що ферменти повинні класифікуватися по типу реакції, каталізуємої ними. У назві ферменту обов'язково присутній назва субстрату, тобто того з'єднання, на котре впливає даний фермент, і закінчення -аза. (Аргіназа каталізує гідроліз аргініну і т. д.)

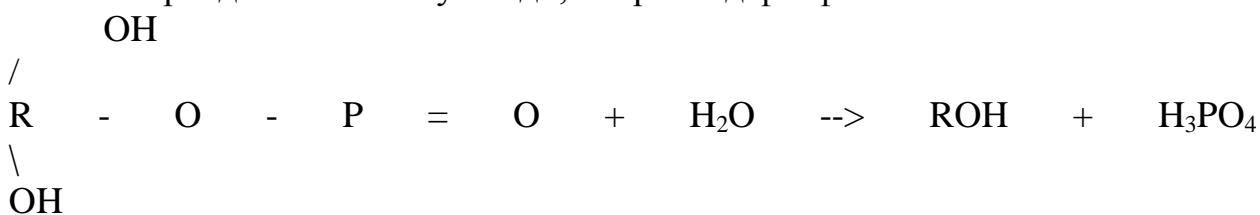
По цьому принципу усі ферменти були розділені на 6 ознак:

**1. Оксидоредуктази** - ферменти, каталізуючі окислювально-відновні реакції, наприклад каталаза:



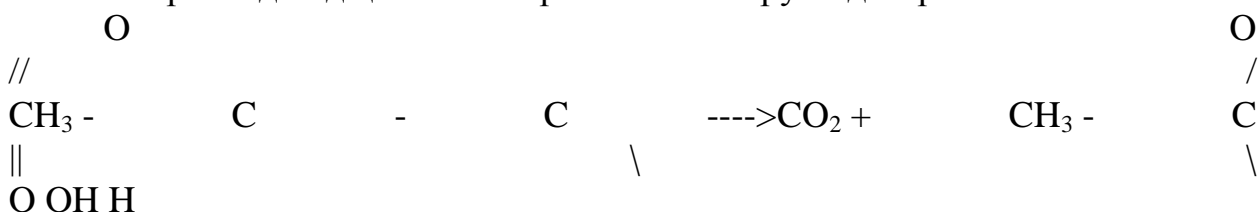
**2. Трансферази** - ферменти, каталізуючі перенос атомів чи радикалів.

**3. Гідролази** - ферменти, що розривають внутрімолекулярні зв'язки шляхом приєднання молекул води, наприклад фосфатаза:



**4. Ліази** - ферменти, відщиплюють від субстрату тугий іншу групу без приєднання води, негідролітичним шляхом.

Наприклад: відщиплення карбоксильної групи декарбоксилазою:



**5. Ізомерази** - ферменти, каталізуючі перетворення одного ізомеру в інший:

**глюкозо-6-фосфат --> глюкозо-1-фосфат**

**6. Синтетази** - ферменти, каталізуючі реакції синтезу.

**Ферментологія** - молода і перспективна наука, що відокремилася від біології і хімії й об'єднуюча багато дивних відкриттів тим, хто вирішить зайнятися нею серйозно.

### Будова та функції ферментів

Ферменти є великими органічними молекулами, які виконують функцію каталізу, тобто змінюють швидкість хімічних реакцій. Традиційно ферментами називали тільки молекули білків. Але зараз до ферментів відносять також рибозими (молекули РНК) та комплекси, які складаються з молекул білків та РНК. Ці сполуки також дуже ефективно здійснюють каталіз (наприклад, під час утворення пептидних зв'язків рибосою).

У клітинах ферменти містяться як у цитоплазмі, так і всередині різних органел або на мембранах клітин. Часто клітини можуть виділяти ферменти назовні для здійснення процесів поза клітиною (наприклад, процесів травлення).

За своєю будовою ферменти є великими органічними молекулами, які мають складну просторову структуру (унікальну для кожного з ферментів). У цій структурі є частини, що формують ділянки, які здійснюють процес каталізу, і є регуляторні ділянки. Класифікують ферменти за типами реакцій, які вони каталізують.

У живих організмах одночасно відбувається велика кількість реакцій за відносно стабільної температури та сталого рН середовища. Без участі ферментів ці реакції відбувалися б надзвичайно повільно, а в багатьох випадках узагалі не змогли б відбутися.

Наприклад, фермент каталаза розщеплює в клітинах організму людини отруйний для них гідроген пероксид на воду й кисень. Однієї молекули каталази досить, щоб протягом однієї секунди розщепити 10 тисяч молекул гідроген пероксиду.

Найбільш поширеним ферментом на нашій планеті є рибулозобісфосфаткарбоксилаза (скорочено RuBisCo), який каталізує реакцію фіксації CO<sub>2</sub> в циклі Кальвіна, що відбувається під час темної фази фотосинтезу. Загальна маса цього ферменту в усіх фотосинтезуючих організмах нашої планети становить 40 мільярдів тонн.

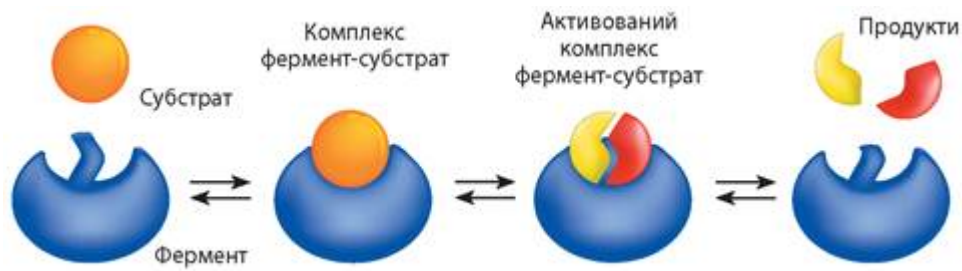
### Класифікація ферментів

<b>Клас ферментів</b>	<b>Які реакції каталізують</b>	<b>Приклади ферментів</b>
Оксидоредуктази	Окисно-відновні реакції	Алкогольдегідрогеназа, пероксидаза
Трансферази	Перенесення функціональної групи атомів з одного субстрату на інший	Амінотрансфераза, глікозилтрансфераза
Гідролази	Реакції гідролізу	Пептидаза, амідаза, естераза, трипсин
Ліази	Реакції неокисного негідролітичного розриву хімічних зв'язків	Декарбоксилаза, дегідратаза, аденілатциклаза
Ізомерази	Реакції внутрішньомолекулярної перебудови (наприклад, перетворення ізомерів)	Рацемаза, цитраттрансізомераза
Лігази	Реакції з'єднання двох молекул з утворенням нового зв'язку (зазвичай за використанням енергії АТФ)	ДНК-лігаза, аміноацил-тРНК-синтетаза

### Механізм роботи ферментів

Механізм роботи ферментів зручно розглянути на прикладі білка-ферменту. Як і будь-який інший білок, такий фермент є ланцюжком амінокислот, що в певний спосіб згорнутий у просторі. Згортання ланцюжка відбувається так, щоб радикали амінокислот утворили спеціальну структуру — активний центр ферменту. Саме в цьому центрі й відбуваються реакції.

Радикали амінокислот розташовані у просторі певним чином один відносно до одного. Вони різні за своїми властивостями, і їхня спільна дія створює умови, у яких відповідна реакція відбувається набагато швидше, ніж за звичайних умов. Речовини, які беруть участь у реакціях в активних центрах ферментів, називають субстратами (мал. 19.1).



**Мал. 19.1. Схема взаємодії ферменту із субстратом**

У деяких випадках для роботи ферменту потрібний і небілковий компонент. Ця сполука (її називають кофактором) приєднується до ферменту й також бере участь у процесі каталізу реакції. Часто кофакторами ферментів є вітаміни.

Регуляція роботи ферментів може здійснюватися за допомогою регуляторних ділянок їхніх молекул. До цих ділянок приєднуються молекули речовин-регуляторів. Після цього просторова структура молекули ферменту змінюється, і, відповідно, змінюється швидкість його роботи.

### Дія ферментів поза клітинами

Живі організми використовують ферменти не тільки у своїх клітинах. Часто вони виділяють їх у позаклітинний простір. Зазвичай так роблять осмотрофи (організми, які живляться розчиненими органічними речовинами) (мал. 19.2). Але є й інші групи організмів, які теж використовують ферменти у такий спосіб.

### Використання організмами ферментів поза клітинами

Група організмів	Як використовують ферменти поза клітинами	Приклади
Бактерії	Виділяють ферменти в навколишнє середовище для розщеплення органічних речовин	Гниття м'яса, розклад опалого листя
Гриби	Виділяють ферменти в пастки з пійманими тваринами для розщеплення органічних речовин	Руйнування деревини, ураження грибами, розкладання хліба, вкритого цвіллю
Комахи й інші рослини	Виділяють ферменти в порожнини тіла для розщеплення органічних речовин	У росички й непентес перетравлення спійманих тварин
Тварини	Виділяють ферменти в порожнини тіла для порожнинного травлення або тіло здобичі для зовнішнього травлення	У ссавців процеси травлення шлунку та кишечника, у павуків зовнішнє травлення після введення здобич отрути, у змій розклад тканин здобичі під дією ферментів отрути

У деяких випадках функції ферментів, що виділяються в організмах, можуть змінюватися в процесі еволюції. Наприклад, у предків змій фермент фосфоліпаза А<sub>2</sub> був звичайним травним ферментом. Його введення в тіло жертви робило процес травлення швидшим, тому що в кишечнику ферменти діяли на тіло жертви і ззовні, і зсередини. Але в результаті дуплікації та наступних мутацій цей фермент отримав токсичні властивості. Він став



однією з найважливіших складових зміїної отрути і зараз убиває жертви, руйнуючи мембрани їхніх клітин.



Мал. 19.2. Позаклітинна дія ферментів у росички (а) та павука аргіопи (б) забезпечує зовнішнє травлення

Здатність живих організмів виділяти ферменти за межі клітини широко використовує сучасна біотехнологія. Так, бактерії, в геном яких пересаджують потрібні гени, виділяють зі своїх клітин синтезовані ферменти. А ці ферменти вже легко можна відокремити від клітин й використати для виробництва продукції (наприклад, ліків або пральних порошків).

Предок плацентарних ссавців, який жив 100 млн років тому, живився переважно комахами і мав 5 генів хітиназ — ферментів, які розщеплюють хітин у травній системі. Потім його нащадки еволюціонували і значною мірою змінили свій раціон. Тому в багатьох випадках гени хітиназ зазнали мутацій і перестали працювати, перетворившись на псевдогени. Їх досі можна знайти в геномах ссавців.

## **ТЕМА 21**

### **ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТАБОЛІЗМУ**

**Загальна характеристика метаболізму мікробної клітини. Основні типи енергетичного обміну.**

На відміну від еукаріотів, бактерії проявляють надзвичайно широку різноманітність типів метаболізму. Поширення метаболічних рис в межах груп бактерій традиційно використовувалося для визначення їх таксономії,

але ці риси часто не збігаються з сучасними генетичними класифікаціями. Метаболізм бактерій розрізняють за видом енергії, донора і акцептора електрона та джерела вуглецю, які використовуються для росту.

#### *Конструктивний метаболізм*

За винятком деяких специфічних моментів, біохімічні шляхи, за якими здійснюється синтез білків, жирів, вуглеводів і нуклеїнових кислот у бактерій, схожі з такими ж шляхами у еукаріотів, проте за кількістю можливих шляхів і, відповідно, по ступеню залежності від надходження органічних речовин, бактерії значно переважають еукаріотів. Частина з них може синтезувати всі необхідні їм органічні молекули з неорганічних речовин (автотрофи), інші ж вимагають готових органічних сполук, які вони здатні лише трансформувати (гетеротрофи).

Найбільшим ступенем гетеротрофності відрізняються внутрішньоклітинні паразити, якщо при цьому вони здатні існувати на багатих штучних середовищах, вони називаються факультативними. Велика частина бактерій належить до сапротрофів, які незалежні від інших організмів, але використовують синтезовані ними органічні речовини. Існує також ряд бактерій, що вимагають наявності в середовищі невеликого числа певних органічних речовин (деяких амінокислот, вітамінів), які вони не можуть синтезувати самостійно (ауксотрофи), або навіть лише одного досить низькомолекулярного джерела вуглецю (цукор, спирт, кислота). Деякі з них відрізняються високою спеціалізацією (*Bacillus fastidiosus* може використовувати тільки сечову кислоту), інші як єдине джерело вуглецю і енергії можуть використовувати сотні різних сполук (*Pseudomonas*). Повними гетеротрофами з точки зору вуглецевого метаболізму можуть бути деякі фотосинтезуючі бактерії, наприклад, деякі ціанобактерії і пурпурні бактерії, які отримують вуглець з атмосферної вуглекислоти.

На додаток до фіксування вуглекислоти при фотосинтезі, деякі бактерії також фіксують азот із атмосфери (фіксація азоту), використовуючи фермент нітрогеназу. Ця екологічно важлива риса властива бактеріям багатьох типів.

#### *Енергетичний метаболізм*

Енергетичний метаболізм бактерій засновується на фототрофії, використанні світла через фотосинтез, або на хемотрофії, використанні хімічних речовин для отримання енергії. Хемотрофи у свою чергу діляться на літотрофів, які використовують неорганічні донори електронів для дихання, і органотрофів, які використовують органічні сполуки у якості донорів електронів. Щоб використовувати хімічні сполуки як джерело енергії, електрони беруться з відновлювальних речовин і переміщуються до акцепторів електронів у процесі окислювально-відновлювальної реакції. Ця реакція вивільнює енергію, яка може використовуватися для проведення метаболічних реакцій. У аеробних організмах в якості акцептора електронів використовується кисень. У анаеробних організмах замість нього використовуються інші неорганічні речовини, наприклад нітрати, сульфати або вуглекислота. Це приводить до екологічно важливих процесів денітрифікації, відновлення сульфатів і ацетогенезу відповідно. Ці процеси

також важливі в біологічних відповідях на забруднення, наприклад, сульфат-відновлюючі бактерії в значній мірі відповідальні за виробництво надзвичайно отруйних форм ртуті (метил- і диметил-ртуть) в оточенні. Анаероби використовують процес так званого анаеробного дихання (бродиння) для отримання енергії, виділяючи метаболічні побічні продукти (наприклад етанол в пивоварінні), оскільки вони не можуть бути використані далі. Факультативні анаероби можуть переключатися між процесами аеробного і анаеробного дихання, тобто різними акцепторами електронів, залежно від природних умов, в яких вони знаходяться.

Літотрофні бактерії можуть використовувати неорганічні речовини як джерело енергії. Загальними неорганічними донорами електронів є водень, чадний газ, аміак (що призводить до нітрифікації), оксид заліза II, інші відновлені іони металів та деякі відновлені сполуки сірки. Хоча це і незвичайно, деякі бактерії-метанотрофи можуть використовувати газметан і як джерело електронів, і як субстрат для вуглецевого анаболізму. Як у аеробних фототрофів, так і у хемолітотрофів, кисень використовується як кінцевий акцептор електронів, тоді як за анаеробними умовами замість нього використовуються неорганічні сполуки. Більшість літотрофних організмів — автотрофи, тоді як органітрофи є гетеротрофами.

Для організмів нашої планети основним джерелом енергії є сонячне світло. Незначною мірою в процесах метаболізму може використовуватися теплота вулканічного походження, енергія з надр земної кори та ін. Енергія потрібна організмам для синтезу власних органічних речовин з неорганічних (автотрофи) або з готових органічних (гетеротрофи). А що відбувається з енергією після її надходження в клітину?

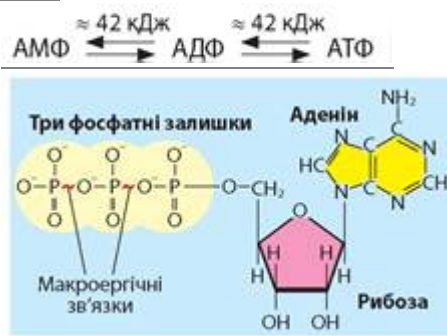
### **Яка роль АТФ у забезпеченні процесів метаболізму?**

**ОБМІН ЕНЕРГІЇ** — це сукупність процесів, що забезпечують надходження, перетворення та видалення енергії у біосистемах. Як зазначають науковці, «хоча енергія існує у багатьох формах, для анаболізму живих істот придатними є лише дві із них - світлова й хімічна енергія». Основним джерелом світлової енергії є Сонце, а хімічної - хімічні зв'язки готових органічних речовин.

Енергетичні перетворення світлової чи хімічної енергії у клітинах відрізняються від енергетичних процесів неживої природи тим, що: а) основою є окисно-відновні реакції, що відбуваються за участі ферментів; б) мають поступовий (поетапний) характер; в) здійснюються за участі високоспеціалізованих структур — фотомембран, мезосом, мітохондрій та хлоропластів; г) для акумулювання, збереження й внутрішнього перенесення енергії слугує АТФ.

Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) — органічна сполука, що належить до вільних нуклеотидів і є універсальним хімічним акумулятором енергії у клітині. Пригадаємо, що молекула АТФ є нуклеотидом, який складається із аденіну, рибози і трьох залишків ортофосфатної кислоти (іл. 77). Під час відщеплення фосфатної групи від АТФ вивільняється близько 42

кДж енергії та утворюється АДФ (аденозиндифосфатна кислота). Коли ж від молекули АТФ відщеплюються два фосфат-йони, то утворюється АМФ (аденозинмонофосфатна кислота) і звільняється близько 84 кДж енергії. Процеси розщеплення й утворення АТФ відбуваються постійно відповідно до схеми:



### Іл. 71. Схема будови молекули АТФ

Енергія макроергічних зв'язків АТФ вивільняється в реакціях гідролізу і використовується для виконання будь-якої роботи клітини. Синтез АТФ відбувається завдяки реакціям фосфорилування, що можуть здійснюватися в цитоплазмі (субстратне фосфорилування), в мітохондріях (окиснювальне фосфорилування) або в хлоропластах (фотофосфорилування).

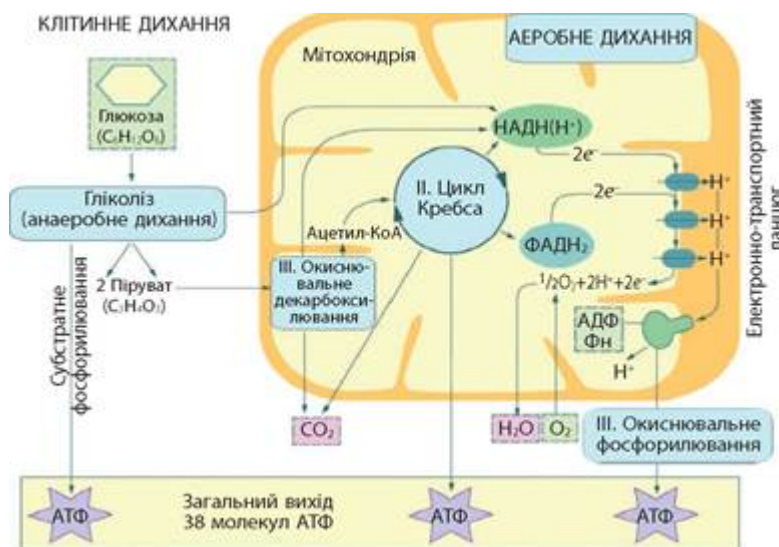
Отже, основна функція АТФ — це енергетична, оскільки сполука бере участь в енергетичному обміні, запасаючи в своїх макроергічних зв'язках значну кількість енергії.

### Які є способи отримання енергії живими організмами?

У живій природі розрізняють три основні способи отримання енергії. Перший із них властивий автотрофним організмам, другий — гетеротрофним, а третій властивий авто- й гетеротрофам:

1. У автотрофних організмів зовнішня енергія поглинається хлорофілом (бактеріохлорофілом) й перетворюється в хімічну енергію АТФ. Далі з вуглекислого газу й води в темній фазі синтезується глюкоза. Як ви вже знаєте, в живій природі цей спосіб властивий фотоавтотрофам, у яких спостерігається кисневий фотосинтез (ціанобактерії, рослини) й бактеріальний фотосинтез, що на відміну від кисневого фотосинтезу відбувається в анаеробних умовах без виділення кисню (пурпурні й зелені сіркобактерії). Поряд з фотосинтезом зв'язування вуглекислого газу в природі здійснюється в процесі хемосинтезу з використанням хімічної енергії окиснення неорганічних сполук (сірко-, залізо- та нітрифікуючі бактерії).

2. У гетеротрофних організмів хімічна енергія поживних речовин перетворюється в процесах клітинного дихання в енергію макроергічних зв'язків АТФ (іл. 72). Ці енергетичні перетворення відбуваються в мітохондріях як процеси гліколізу, бродіння, субстратного та окиснювального фосфорилування.



**Лл. 72. Схема процесів клітинного дихання**

3. У автотрофних й гетеротрофних організмів внутрішньоклітинні перетворення енергії АТФ в різні форми енергії (електричну, світлову, теплову, механічну) сприяють виконанню клітиною процесів життєдіяльності. Частина цієї енергії втрачається у вигляді теплоти.

Отже, за способом отримання енергії живі організми поділяють на автотрофів і гетеротрофів.

**Яка роль процесів дихання в забезпеченні організмів енергією?**

**КЛІТИННЕ ДИХАННЯ** — це сукупність процесів біологічного окиснення поживних речовин з вивільненням хімічної енергії, що акумулюється в АТФ. Процеси дихання в клітинах організмів різних царств живої природи подібні за багатьма ознаками. Ознаками подібності є утворення таких універсальних речовин, як піровиноградна кислота й АТФ, використання кисню як акцептора електронів й Гідрогену, розщеплення до кінцевих продуктів H<sub>2</sub>O і CO<sub>2</sub>, використання подібних ферментів тощо. Виокремлюють два основні типи клітинного дихання: анаеробний та аеробний. Клітинне дихання є частиною енергетичних перетворень, завдяки яким поетапно вивільняється енергія власних органічних речовин.

**Таблиця 2. ЕТАПИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ**

Назва етапу	Характеристика
I. Підготовчий (у травних вакуолях, лізосомах чи травному каналі; вивільняється всього 0,2—0,8 % енергії)	Під дією травних ферментів складні органічні сполуки розщеплюються до сполук, що їх можна засвоювати організм. Енергетичний ефект цього етапу незначний, і вся енергія розсіюється у вигляді теплоти
II. Безкисневий (анаеробний) (у глікоплазмі клітин; вивільняється лише 5—7 % енергії)	Прості органічні сполуки розщеплюються без участі кисню: розщеплення глюкози — гліколіз; жирних кислот — ліполіз, амінокислот — протеоліз. Енергетичний ефект гліколізу — 200 кДж (116 кДж — на теплоту, 84 кДж — на АТФ): $C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2H_3PO_4 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O + 2ATP$

<p>III. Кисневий (аеробний) (у матриці й на кристах мітохондрій за участі вивільняється основна кількість енергії (понад 90 %))</p>	<p>Аеробне перетворення вуглеводів продовжується завдяки розщепленню піровиноградної кислоти до води і вуглекислого газу. Енергетичний ефект: 2600 кДж (1088 кДж — на теплоту, 1512 кДж — на АТФ):</p> $2C_3H_4O_3 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36ADP \rightarrow 6CO_2 + 42H_2O + 36ATP$
---	---

Сумарним енергетичним результатом розщеплення 1 моль глюкози є 2800 кДж енергії (200 кДж + 2600 кДж), з якої в 38 молекулах АТФ акумулюється 55 % (42 кДж x 38 = 1596 кДж), а 45 % (1204 кДж) — розсіюється у вигляді теплоти. Рівняння повного розщеплення глюкози:



Отже, клітинне дихання є сукупністю процесів, під час яких розщеплюються поживні речовини, вивільняється хімічна енергія та акумулюється в макроергічних зв'язках АТФ.

***Загальна характеристика обміну речовин. Енергетичний обмін та його етапи. Синтез АТФ***

Живі організми існують тому, що постійно:

- а) в них надходять поживні речовини із навколишнього середовища;

- б) ці речовини перетворюються в організмі;

- в) виводяться з організму продукти життєдіяльності.

Сукупність всіх цих процесів називається обмін речовин (метаболізм).

1. Процеси поглинання із довкілля, засвоєння і накопичення хімічних речовин, які необхідні для утворення сполук, необхідних організму, називаються асиміляцією (біосинтезом).

У кожній живій клітині здійснюється величезна кількість хімічних реакцій. Всі вони відбуваються організовано і упорядковано. Кожна реакція відбувається у конкретно визначеному місці і за участю ферментів — каталізаторів, які розміщені на мембранах мітохондрій та ЕПС.

2. Розрізняють 2 типи реакцій у клітині:

- I-ший тип — реакції синтезу білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, тобто асиміляція.

- II-ий тип: - реакція розщеплення складних органічних речовин до менш складних сполук (CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O), які супроводжуються виділенням енергії — дисиміляція.

3. Сукупність реакцій біосинтезу називають пластичним обміном.

4. Сукупність реакцій розщеплення, що забезпечують клітину енергією, називають енергетичним обміном.

5. енергетичний та пластичний обміни тісно пов'язані між собою та зовнішнім середовищем і в єдності становлять обмін речовин і енергії в кожній клітині і в організмі в цілому.

Процеси асиміляції не завжди врівноважені з процесами дисиміляції. Так, в організмах, що розвиваються, переважає асиміляція (накопичуються речовини і росте організм).

При інтенсивній фізичній роботі, нестачі поживних речовин та старінні переважають процеси дисиміляції.

Для живих організмів Землі основним джерелом енергії є сонячне світло.

6. Організми, здатні утворювати органічні сполуки з неорганічних називаються автотрофами.

7. Організми, що використовують для утворення органічних сполук з неорганічних енергію світла називають фототрофами (зелені рослини, ціанобактерії).

8. Організми, що використовують для утворення органічних речовин із неорганічних енергію хімічних реакцій називають хемотрофами. (сіркобактерії, залізобактерії).

9. Організми, що використовують для утворення своїх органічних речовин органічні речовини, утворені іншими організмами (живі організми, їх рештки, продукти життєдіяльності), які вони одержують з їжею, називають гетеротрофами.

10. Енергетичний обмін організмів здійснюється у три послідовних етапи:

- а) підготовчий.
- б) безкисневий (анаеробне дихання)
- в) кисневий (аеробне дихання).

п/п	Етапи	Місце дії	Процеси енергетичного обміну	Звільнення і використання енергії
.	Підготовчий етап	у цитоплазмі клітин усіх організмів (у шлунково-кишковому тракті)	Крупні молекули б, ж. при участі ферментів розпадаються на дрібні молекули (мономери) білки - до амінокислот, жири - гліцерину і жири кислот, вуглеводи - моносахарид н. кислоти - до нуклеотидів - до вільних азотистих основ, пентоз і	Енергія розсіюється у вигляді теплоти.

			фосфорної кислоти.	
.	Безкисневий (анаеробний) гліколіз етап неповне розщеплення	в клітинах	Амінокислоти, глюкоза та інші речовини, що утворюються на підготовчому етапі, розщеплюються далі.	Розпад однієї молекули глюкози дає енергію, що забезпечує синтез 2х молекул АТФ (виділяється 200 КДж енергії).
.	Кисневий (аеробний) етап	мітохондріямні мембрани.	Дві молекули молочної кислоти розщеплюються за участю АДФ і фосфорної кислоти.	Енергія від розпаду 2х молекул молочної кислоти використовується для синтезу 36 молекул АТФ

11. Найважливішим на безкисневому етапі енергетичного обміну є розщеплення в клітинах молекул глюкози шляхом гліколізу на дві молекули піровиноградної (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>) або молочної кислоти (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) у м'язових клітинах:



У процесі розпаду глюкози беруть участь 13 різних ферментів, фосфорна кислота і АДФ.

Під час гліколізу виділяється » 200 кДж енергії. 84 кДж використовується на синтез 2х молекул АТФ, а решта (116 кДж) використовується у вигляді теплоти.

Значення гліколізу: організм дістає енергію в умовах дефіциту кисню.

Спиртове бродіння – це один тип перетворення глюкози, коли вона розпадається на 2 молекули етилового спирту

(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) та 2 молекули вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>)



Молочнокисле (молочне) бродіння – вид безкисневого бродіння.

12. Після завершення гліколізу настає друга стадія – кисневе розщеплення.

13. Процес кисневого розщеплення описується рівнянням:

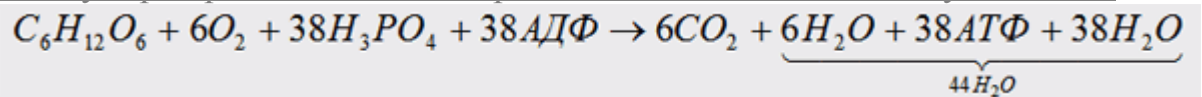


Це - дихання

При цьому виділяється енергія (2600 кДж) частина якої розсіюється у вигляді тепла (45%), 55% перетворюється в енергію хімічних зв'язків АТФ (1440 кДж).



14. Сумарне рівняння повного розщеплення глюкози записується так:



Це - процес дихання.

Процеси надходження в організм із зовнішнього середовища кисню, використання його клітинами і тканинами для окислення органічних речовин і виділення з організму вуглекислого газу називається диханням.

Порівняння вивільненої енергії та кінцевих продуктів при спиртовому бродінні і диханні.

Бродіння	Дихання
Глюкоза	Глюкоза
-	-
Піровиноградна кислота	Піровиноградна кислота
-	-
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
-	-
спирт	H <sub>2</sub> O
-	-
2АТФ	38АТФ

**Висновки:**

• Для синтезу АТФ у процесі гліколізу не потрібні мембрани. Він відбувається і в пробірці, якщо є всі ферменти і субстрати.

• Для кисневого процесу потрібні мітохондріальні мембрани.

• Розщеплення 1 молекули глюкози до оксиду вуглецю і води забезпечує синтез 38 молекул АТФ. (У безкисневій стадії утворюються 2 молекули АТФ, а у кисневій – 36 молекул АТФ).

• Коли недостача кисню, або пошкодження мітохондри, то клітина, щоб дістати необхідну для життя кількість АТФ використовує безкисневий процес. Для цього їй потрібно в 20 разів більше глюкози, ніж у нормі.

Процес виділення з організму продуктів обміну називають екскреція. Кінцевими продуктами розщеплення вуглеводів і жирів є CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O, які виводяться з організму.

Схема процесів перетворення речовин і енергії.



Енергетичні потреби організму.

**15.** Організм витрачає енергію у 2х напрямках:

- I – на забезпечення процесів життєдіяльності в умовах фізіологічного спокою;
- II – на виконання різних видів фізичної роботи.

**16.** Для підтримання життєдіяльності організму необхідна значна кількість енергії. Для людини віком 20 років і вагою 70 кг необхідно 1700 ккал (7140 кДж) на добу. (при фізіологічному спокої) На виконання фізичної роботи ще додатково витрачає людина 4200-5040 кДж енергії на добу.

Таблиця. Добові витрати енергії у людей різних процесі.

Характер діяльності	Загальні витрати за добу в кДж
Розумова праця	13 474
Легка фізична праця	15 050
Праця середньої важкості	17 270
Важка фізична праця	19 940

**17.** Роль печінки в обміні речовин.

Вона бере участь у процесах: травлення, обміну речовин, захисну функцію.

Тут в печінці білки і вуглеводи перетворюються на жири. Жири на вуглеводи. Але вуглеводи і жири не можуть перетворюватись на білки, бо їх молекули не містять азоту, який є у білках.

**18.** Регуляція обміну речовин.

Гормони залоз регулюють усі види обміну речовин: білків, жирів, вуглеводів, води і мінеральних речовин.

Щитовидні залози регулюють ріст і розумовий розвиток дітей.

**Обмін води.** Вода виділяється з потом, сечею, водяною парою при диханні.

За добу треба споживати » 2л. води. При високій температурі і важкій роботі – 4-5 л. води.

Обмін мінеральних речовин. В організмі людини виявлено 88 хімічних елементів таблиці Менделєєва. Всі вони є у їжі, крім NaCl (кухонна сіль). Тому її додають до їжі

## **ТЕМА 22**

# **РЕПРОДУКЦІЯ ЯК МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ІСНУВАННЯ ВИДІВ**

**Репродукція як механізм забезпечення безперервності існування видів**



*Які основні властивості є характерними для живих організмів? Які існують способи розмноження живих організмів? Як розмножуються ссавці? Які особливості розмноження є характерними для квіткових рослин?*

## **Репродукція живих організмів**

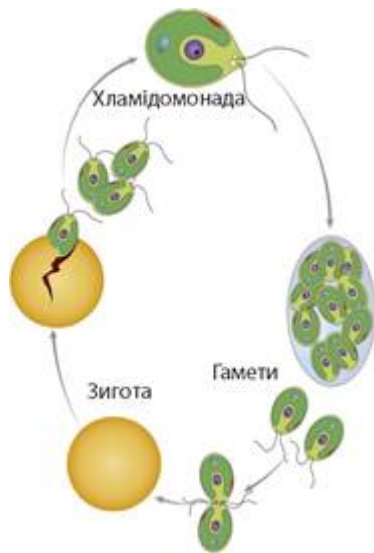
Репродукція — це здатність живих організмів до самовідтворення, утворення ними нащадків, які є засобом збереження видів і які забезпечують безперервність їхнього існування. Здатність до самовідтворення — це одна з ключових ознак живого, яка відрізняє живі організми від неживих систем.

Репродукція живих організмів відбувається у формі розмноження у різний спосіб. Слід відзначити, що здатність до репродукції мають не тільки клітинні організми, але й такі неклітинні форми життя, як віруси.

## **Форми розмноження живих організмів**

Основних форм розмноження живих організмів існує кілька. В першу чергу розрізняють статеве (під час якого утворюються статеві клітини) і нестатеве (під час якого статеві клітини не утворюються) розмноження.

Як окрему форму розмноження можуть розглядати вегетативне розмноження, виокремлюючи його із нестатевого. В такому випадку нестатевим вважають розмноження, під час якого утворюються спеціалізовані структури (спори, гемули тощо). А вегетативним вважають розмноження, під час якого такі структури не утворюються і для розмноження використовуються звичайні соматичні органи (у планарії або гідри — частини тіла, у морських зірок — промені тощо).



**Мал. 43.1. Статеве розмноження одноклітинного організму**  
**Нестатеве розмноження**

**Нестатеве розмноження** — утворення нового організму з однієї або групи клітин вихідного материнського організму, в ході якого не утворюються статеві клітини і не відбувається статевий процес. У цьому випадку в розмноженні бере участь тільки одна батьківська особина, що передає свою спадкову інформацію дочірнім організмам.

Цей спосіб розмноження поширений в усіх груп живих організмів і є вихідним способом розмноження для клітинних форм.

Суттєвою перевагою нестатевого розмноження є те, що в цьому варіанті продукувати нових нащадків можуть всі особини, тоді як у випадку статевого розмноження до цього здатні тільки самки.

### **Статеве розмноження**

**Статеве розмноження** — тип розмноження, за якого утворюються спеціалізовані статеві клітини і відбувається статевий процес. Статеве розмноження спостерігається у представників більшості систематичних груп рослинного і тваринного світу (мал. 43.1).

За умови статевого розмноження утворення нового організму зазвичай відбувається за участі двох батьківських організмів, але у випадку гермафродитизму статевим шляхом може розмножуватися й одна особина. Під час статевого розмноження відбувається злиття статевих клітин — гамет чоловічого і жіночого організму. Таким чином, новий організм несе спадкову інформацію обох батьків.

**РОЗМНОЖЕННЯ**, або **РЕПРОДУКЦІЯ** (від лат. re- — префікс, що означає зворотну або повторну дію, і produco — створюю), — відтворення собі подібних, що є основою безперервності існування виду. Здатність розмножуватись притаманна всім живим організмам, і реалізується ця універсальна властивість живого на кожному з рівнів організації.

На молекулярному рівні спадкова інформація відтворюється завдяки процесу репродукції ДНК, що називається реплікацією. З однієї молекули ДНК утворюються дві дочірні. Відбувається процес самоподвоєння ДНК перед поділом клітин.

На клітинному рівні відбувається репродукція клітин шляхом мітозу й мейозу з утворенням нестатевих диплоїдних або статевих гаплоїдних дочірніх клітин, які беруть участь у репродукції організмів.

На організмовому рівні репродукцію живих істот забезпечують дві основні форми розмноження — нестатеве й статеве. Для здійснення розмноження у багатоклітинних організмів існують репродуктивні системи органів.

На популяційно-видовому рівні відтворення видів пов'язане зі стратегіями розмноження. Ці дві головні стратегії відомі як К-стратегія (відтворення незначної кількості нащадків) і R-стратегія (репродукція великої кількості нащадків). К-стратегом у тваринному світі є, наприклад, синій кит (*Balaenoptera musculus*) — найбільша тварина на Землі, самки яких народжують одне маля в два роки впродовж 40—45 років життя. «Найвидатнішим R-стратегом» тваринного світу є риба—місяць (*Mola mola*) — найбільша за масою відома кісткова риба і найплodючіша риба у світі (одна самка може відкласти до 300 млн ікринок) (іл. 121).



**Іл. 121. Синій кит і риба-місяць — тварини з різними стратегіями розмноження**

Отже, репродукція є неодмінною умовою існування біологічних систем у часі.

### **Які особливості нестатевої форми розмноження?**

Нестатеве розмноження — це відтворення собі подібних за участі нестатевих клітин. Перевагою такого розмноження у тварин є те, що воно відбувається без затрат енергії на пошуки партнера протилежної статі. Водночас нестатеве розмноження має й суттєвий недолік — подібність нащадків. Якщо середовище існування організмів з нестатевим розмноженням зміниться, то подібним організмам одного виду з однаковими пристосуваннями загрожує загибель. Через те нестатева форма розмноження характерна для нижчих організмів і відбувається тоді, коли в навколишньому середовищі є сприятливі умови.

Основними способами нестатевого розмноження є поділ навпіл, спороутворення, фрагментація та брунькування.

Поділ навпіл — спосіб розмноження в одноклітинних, за якого з однієї материнської клітини утворюються дві дочірні, причому удвічі дрібніші, кожна з яких дає новий самостійний організм (наприклад, у бактерій, архей, аміб, інфузорій).

Множинний поділ (шизогонія) — спосіб розмноження одноклітинних, за якого з однієї материнської клітини утворюється багато дочірніх. Такий спосіб нестатевого розмноження спостерігається у споровиків, представником яких є плазмодій малярійний.

Брунькування — спосіб розмноження, за якого на клітині (наприклад, у дріжджів) або тілі (наприклад, у губок, гідр, коралових поліпів) формується брунька-клітина чи брунька-багатоклітинний утвір, що згодом відокремлюється або залишається на все життя.

Спороутворення — спосіб розмноження, що здійснюється за участі спор, що формуються всередині одноклітинних організмів (наприклад, хлорели, хламідомонади) або в спеціалізованих органах багатоклітинних організмів (наприклад, у вищих спорових рослин)

Фрагментація — спосіб розмноження, за якого тіло багатоклітинної тварини ділиться поперечним поділом на багато частин, кожна з яких росте й утворює новий організм. У такий спосіб можуть розмножуватися нитчасті зелені водорості, багатощетинкові черви, морські зірки.

Вегетативне розмноження — спосіб розмноження, що здійснюється багатоклітинними частинами, які відокремлюються від материнського організму. Його основу становить явище регенерації. Ця форма розмноження найбільш характерна для квіткових рослин.

Отже, нестатеве розмноження обмежує різноманітність ознак у нових особин, але може за короткий сприятливий період забезпечити швидке утворення великої кількості нащадків з подібними ознаками.

### **Яке значення статевого розмноження в природі?**

Статеве розмноження — відтворення собі подібних за участі статевих клітин. Ці клітини містять гаплоїдний набір хромосом, оскільки у статевому розмноженні беруть участь дві батьківські особини. Обов'язковою умовою статевого розмноження є зустріч гамет і їхнє злиття — запліднення, що супроводжується утворенням повного й необхідного для розвитку нового організму диплоїдного набору хромосом. Гамети, що їх утворює чоловіча особина, називаються сперматозоонами (сперміями), а жіночі гамети — яйцеклітинами.

Основними способами статевого розмноження є поліембріонія, партеногенез, роздільностатевість та гермафродитизм.

Поліембріонія — процес розвитку кількох зародків з однієї заплідненої яйцеклітини. Поліембріонія досить поширена серед різних груп тварин (війчастих і кільчастих червів, іноді членистоногих, риб, птахів, ссавців). Як стало явище поліембріонія притаманна деяким комахам (наприклад, їздцям) і ссавцям (наприклад, броненосцям). Поліембріонія трапляється також у рослин. При цьому в одній насініні розвивається кілька зародків (тюльпани, лілія, латаття, суниці тощо). Додаткові зародки в насініні можуть розвиватися не тільки із заплідненої яйцеклітини, а й з інших клітин насініни без запліднення.

Партеногенез — спосіб розмноження, за якого розвиток нового організму здійснюється із незаплідненої яйцеклітини. За партеногенезу дочірні організми мають ідентичний з материнським набір спадкової інформації і розвиваються у видів, особини яких рідко зустрічаються між собою. Притаманний багатьом рослинам (квітковим) і безхребетним тваринам (попелицям, палочникам, коловерткам, деяким видам цвіркунів,

метеликів та ос), а також деяким хребетним (рибам, амфібіям, ящіркам). Партеногенез може бути гаплоїдним (наприклад, у медоносної бджоли) й диплоїдним (наприклад, у попелиць), факультативним (необов'язковим) (мурахи) та облігатним (обов'язковим) (кавказька скельна ящірка). Партеногенез широко розповсюджений також у рослин, набуваючи різних форм. Наприклад, партенокарпія у бананів або цитрусових.

Чоловічі й жіночі гамети можуть утворюватися в одному організмі або в організмів різної статі, тому за цим критерієм виокремлюють такі способи розмноження, як роздільностатевість й гермафродитизм.

Роздільностатевість — спосіб статевого розмноження, за якого сперматозоони утворюються в чоловічому організмі, яйцеклітини — в жіночому (наприклад, у членистоногих, хребетних). Поширене це явище і серед квіткових рослин, у яких розрізняють одно- та дводомні рослини.

Гермафродитизм — спосіб статевого розмноження, за якого чоловічі та жіночі гамети розвиваються в одному організмі (наприклад, плоскі та малощетинкові черви, п'явки). Такий спосіб зменшує затрати енергії на пошук партнера, підвищує ймовірність залишити нащадків у організмів, що ведуть прикріплений, паразитичний, малорухливий, глибоководний спосіб життя. У гермафродитів існують механізми, які запобігають самоzapлідненню. У тварин це неоднчасне дозрівання чоловічих і жіночих гамет, певні особливості будови статевої системи. У рослин — одностатеві квітки (у дво- та однодомних рослин), розташування тичинок і маточок на різних рівнях за допомогою стовпчиків різної довжини (гетеростилія), неоднчасне дозрівання тичинок і маточок в одній квітці (дихогамія) та ін.

Отже, статеве розмноження має переваги над нестатевим, оскільки нові особини успадковують ознаки обох батьківських особин і тому мають можливість краще пристосовуватися до навколишнього середовища.