

Навчальні заняття № 5,6,7

Тема: «Біологічна система живого світу. Біорізноманіття».

План:

1. Біологічна систематика живого світу: завдання, методи дослідження, значення. Поняття про штучні (формальні) та природні (філогенетичні) системи живого світу.
2. Бінарна номенклатура. Історія розвитку систем класифікації організмів. Принципи сучасної класифікації організмів. Філогенетика та молекулярна філогенетика. Еволюційна таксономія та кладистика. Таксономічна ієрархія. Монофілетичні і парафілетичні таксони. Вид як базовий таксон. Критерії виду.
3. Рівні і типи біологічного різноманіття. Значення біорізноманіття у природі і житті людини.
4. Систематика, біогеографія – розділи біології, що вивчають біорізноманіття на різних рівнях. Методи вивчення біорізноманітності: інвентаризація, моніторинг і складання екологічного прогнозу. Біоіндикація - метод визначення екологічного стану екосистем за видовим складом організмів-індикаторів.
5. Трьохдоменна система живого світу. Загальна характеристика Архей, Бактерій та Еукаріотів. Місце вірусів у системі живої природи.
6. Основні характеристики, таксони та різноманітність представників домену Археї.
7. Різноманітність, систематика та значення представників домену Бактерії.

Розділи біологічної систематики

Біологічна систематика — це розділ біології, який формує єдину систему живого світу на основі виділення біологічних таксонів (систематичних одиниць) і відповідних назв, наданих за певними правилами (біологічної номенклатури). Основні систематичні категорії ввів у науку шведський учений Карл Лінней. Біологічна систематика поділяється на два основні розділи: таксономію та біологічну номенклатуру.

Таксономія займається розробкою правил групування живих організмів. Це дуже складна проблема, бо часто не зовсім зрозуміло, на основі яких ознак слід об'єднувати організми у групи. Так, у давнину всіх червів об'єднували в один тип. Але сучасні дослідження показали, що різні групи червів мають різне походження і не є близькими родичами.

Біологічна номенклатура розробляє правила найменування живих організмів, створює спеціальні міжнародні кодекси, які регулюють спірні питання, вирішує проблеми синонімів (коли один вид випадково отримує кілька назв) тощо.

Штучні (формальні) та природні (філогенетичні) системи живого світу

Системи живого світу можуть бути різними. Їх поділяють на дві групи — штучні (формальні) та природні (філогенетичні). Штучними (формальними) називають системи, в яких класифікація видів базується лише на ступені їхньої подібності за вибраними ознаками. При цьому не враховується історична спорідненість організмів, які така система об'єднує у відповідні таксони.

Природними (філогенетичними) називають системи, в яких класифікація організмів будується на ступені їхньої подібності з урахуванням філогенетичної спорідненості. Так, штучна система може зараховувати до риб усіх хребетних, які живуть у воді. Тоді до риб будуть віднесені всі кити. А природна система враховує, що кити походять від наземних предків і є вторинноводними тваринами. Тому в такій системі кити належать до групи ссавців.

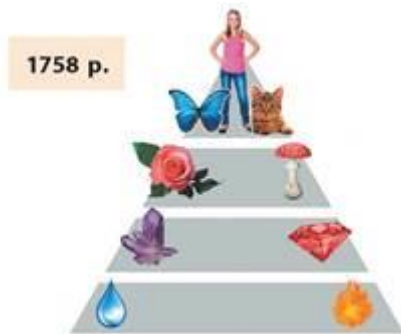
Історія розвитку систем класифікації організмів

Першою спробою класифікувати живі організми можна вважати систему Аристотеля, який виділив групи рослин і тварин. А першою науковою системою класифікації стала система Карла Ліннея (1758 р.), у якій рослини і тварини отримали статус царств (мал. 7.1). Але вже тоді стала зрозуміла значна відмінність грибів, і вони були виділені в окреме царство Отто фон Мюнхгаузеном (1763 р.). Щоправда він об'єднав їх разом із губками і коралами (мал. 7.2). Ця помилка була виправлена в системі Ноеля Жозефа де Неккера (1783 р.), в якій царство Гриби було виділено окремо (мал. 7.3). На жаль, пропозиції Мюнхгаузена й Неккера були надовго забуті.

Учені в XIX ст. уперше усвідомили, що численні мікроскопічні істоти (бактерії, найпростіші, мікроскопічні водорості) важко віднести до тварин або рослин. Наслідком цього було виникнення у системі Ернста Геккеля (1866 р.) нового царства Протисти, яке об'єднало всі одноклітинні й колоніальні форми (мал. 7.4).

У першій половині XX ст. внаслідок розвитку методів мікроскопії стала зрозумілою різниця між прокаріотами та еукаріотами. У системі Герберт Копленд (1938 р.) було виділено чотири царства: Монери (дріб'янки), Протоктисти (нижчі еукаріоти), Тварини і Рослини.

У 1959—1969 роках американський дослідник Роберт Уайттейкер удосконалив цю систему, виділивши гриби в окреме царство (у системі Г. Копленда їх відносили до царства Протоктисти) (мал. 7.5). Ця система була найбільш поширеною до 80—90-х років XX століття, поки нові технології в цитології та молекулярній біології не дозволили створити сучасну систему класифікації живих організмів.



Мал. 7.1. Система царств живих організмів К. Ліннея



Мал. 7.2. Система царств живих організмів О. Мюнхгаузена



Мал. 7.3. Система царств живих організмів Н. Неккера



Мал. 7.4. Система царств живих організмів Е. Геккеля



Мал. 7.5. Система царств живих організмів Р. Уайттейкера
Принципи сучасної класифікації організмів

Сучасна наукова класифікація повинна відображати еволюційні зв'язки між живими організмами та вказувати на рівень їхньої спорідненості. Крім того, вона має бути зручною для використання і дозволяти легко включати нові, нещодавно відкриті види.

Основною систематичною категорією є вид. Видова назва складається з двох латинських слів (бінарна номенклатура), перше з яких є назвою роду, а друге — видовим епітетом. Споріднені види об'єднуються в більш високі таксономічні категорії — роди, роди — в родини, а ті — в іще вищі категорії.

Ключова ідея

Біологічна систематика пройшла шлях довгого розвитку. Сучасна систематика створює природну систему організмів, максимально відображаючи їх еволюцію та родинні зв'язки.

Еволюційна таксономія та кладистика

Після поширення еволюційної теорії Чарльза Дарвіна Ернст Геккель запропонував концепцію еволюційної таксономії. Згідно з цією концепцією, система класифікації повинна була відображати хід еволюції живих організмів. Ця точка зору переважає в науці й зараз. Тому сучасні системи класифікації мають обов'язково враховувати спорідненість різних груп організмів.

Для створення сучасних класифікацій живих організмів учені частіше використовують принципи кладистики. Кладистика — це підхід до біологічної класифікації, за якого організми класифікують згідно з їх порядком відгалуження від еволюційного дерева. При цьому морфологічна подібність не враховується, бо вона може виникати в ході пристосування до схожих умов існування. Цей підхід має і деякі недоліки. У рамках кладистичного підходу складніше створювати систематику груп в еволюції, у яких мав місце симбіогенез (наприклад, під час утворення хлоропластів в еукаріотів).

Складність створення сучасної класифікації можна проілюструвати на прикладі класифікації птахів і плазунів (мал. 8.1), коли використання двох різних комплексів морфологічних ознак та молекулярно-генетичних досліджень дає три різні варіанти класифікації.

Монофілетичні й парафілетичні таксони

Систематичні групи живих організмів (таксони) за їхнім походженням поділяють на монофілетичні й поліфілетичні (від грец. *mono* — один, *poli* — багато). Монофілетичні таксони об'єднують нащадків одного предка, а поліфілетичні — різних, довільно обраних нащадків декількох предків. Наприклад, клас Однодольні є монофілетичним таксоном, а царство Рослини, яке було виділено Р. Уайттейкером, — поліфілетичним, бо воно об'єднує декілька неспоріднених груп (бурі водорості, червоні водорості, зелені рослини тощо). Виділяють також парафілетичні таксони, які об'єднують нащадків одного предка, окрім однієї, як правило, найбільш просунутої групи. Так, у межах ряду Примати (мал. 8.2) об'єднання разом довгоп'ятів та лорі буде прикладом поліфілетичного таксону. Додавання до цієї групи лемурів утворить парафілетичний таксон, а об'єднання всіх інших мавп цього ряду в інфраряд Мавпоподібні утворить монофілетичний таксон.

У сучасній систематиці поліфілетичні таксони вважаються неприйнятними. Якщо вдається довести, що група є поліфілетичною, систематики її ліквідовують або ж змінюють її межі, щоб виключити з неї неспоріднені види. Так, у минулому були ліквідовані такі групи, як Безхребетні й Таємношлюбні, а в останні роки суттєво змінилися межі царств Рослини, Гриби і Тварини.



Мал. 8.1. Різні варіанти класифікації однієї групи тварин: а, б — за різними морфологічними ознаками, в — за молекулярно-біологічними даними

Таксономічна ієрархія

Таксономічна ієрархія — це розташування систематичних груп за порядком супідрядності, тобто включення одних груп до складу інших. Порядок ієрархії для основних систематичних категорій є таким:

Домен → Царство → Відділ (Тип) →
→ Клас → Порядок (Ряд) → Родина → Рід →
→ Вид

Так, вид Людина розумна включається до складу роду Людина разом із видами Людина неандертальська, Людина вміла тощо. Рід Людина входить до складу родини Гомініди разом з родами Шимпанзе, Горила й Орангутан. Родина Гомініди входить до складу ряду Примати, який є складовою класу Ссавці. Клас Ссавці входить до складу типу Хордові, царства Справжні тварини, домену Еукаріоти.

У тих випадках, коли систематика групи є складною, основних систематичних категорій може бути недостатньо. У таких випадках використовують так звані вставні категорії. Назви вставних категорій утворюються від назв основних категорій за допомогою префіксів. Найпоширенішими такими префіксами є над- (супер-) та під- (суб-). Можуть використовуватися також префікси епі-, гіпер-, інфра- та інші. Наприклад: субдомен Аморфеї, надряд Дводишні, інфраклас Сумчасті.

Філогенетика

Філогенетика — це одна з галузей систематики, яка встановлює еволюційні зв'язки між різними групами організмів, як сучасних, так і вимерлих.

Для дослідження філогенезу сучасна біологія широко використовує новітні технології. Особливо ефективними є методи галузі молекулярної біології та генетики й мікроскопічних досліджень. Також широко використовують математичне моделювання й побудову філогенетичних дерев.

Філогенетичне дерево — це схема, яка відображає еволюційні зв'язки між таксонами, для яких воно будується. Філогенетичні дерева можуть будуватися не тільки для таксонів живих організмів. Їх можна створювати, наприклад, для певних біополімерів, таких як білки або нуклеїнові кислоти.



Мал. 8.2. Створення різних таксонів у межах ряду Примати

Ключова ідея

Головним принципом, якого намагаються дотримуватися під час створення сучасної систематики, є об'єднання всіх нащадків одного предка в єдину систематичну групу. Але в деяких випадках дотриматися цього правила не вдається, бо це створює складнощі в практичній роботі.

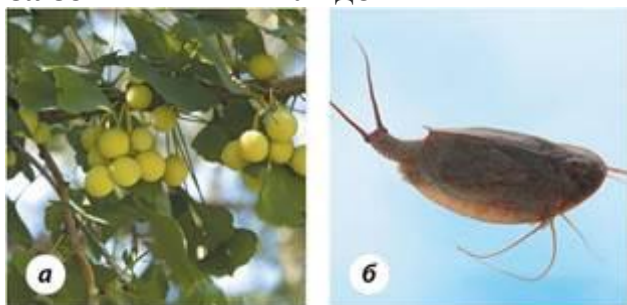
Концепції виду

Базовим таксоном сучасна систематика вважає вид. Складність поділу живих істот на види полягає ще й у тому, що саме визначення поняття «вид» є доволі складним. І залежить воно від того, яка з концепцій виду використовується в певному випадку.

У більшості випадків для виду використовують таке визначення: вид — це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем в угрупованнях організмів, що населяють певний ареал і вільно схрещуються між собою у природі.



Мал. 9.1. Приклади видів, особини яких значно відрізняються одна від одної за зовнішнім виглядом



Мал. 9.2. Гінкго дволопатеве (а) і щитень літній (б) — види-довгожителі, існують понад 100 млн років

Деякі поширені концепції виду

Назва концепції	Визначення виду	Особливості концепції
Типологічна	Це група особин, які є ідентичними до особини-еталону за певними ознаками	Усі особини виду порівнюються з еталонним зразком. Ця концепція дуже незручна для видів, особини яких можуть сильно відрізнятися за зовнішніми ознаками, наприклад собака домашній, коні (мал. 9.1)
Номіналістична	Це група особин, яка визнається формальною класифікацією і становить певний етап розвитку певної еволюційної лінії	Ця концепція розглядає вид як чисто теоретичне поняття, бо живі організми в природі постійно змінюються. В її межах важко пояснити дуже тривале існування гінкго або щитнів (мал. 9.2)

Біологічна	Це група особин, що здатна схрещуватися і давати плідне потомство	Концепція добре підходить для опису багатоклітинних організмів зі статевим розмноженням, але зазнає труднощів під час опису організмів, які не мають статевого розмноження, наприклад бактерій
Філогенетична	Це найменша монофілетична група, яка заслуговує на формальне визнання	Ця концепція визначає вид за його монофілетичним походженням (від однієї популяції або навіть окремої особини). Не є вдалою для визначення видів, які виникли шляхом схрещування або симбіогенезу



Критерії виду

Морфологічний: схожість зовнішньої і внутрішньої будови організмів одного виду та її відмінність у різних видів

У людини більший мозок та інші пропорції частин скелета, шимпанзе має добре розвинений волосяний покрив

Репродуктивний: схожість процесів життєдіяльності й можливість схрещування

Людина не може схрещуватися із шимпанзе

Географічний: зона поширення виду (ареал). Існують види з розірваними і дуже великими ареалами поширення

Людина заселила всі континенти, а ареал шимпанзе обмежений центральною частиною Африки

Біохімічний: можливість розрізняти види за біохімічними параметрами (будовою білків нуклеїнових кислот)

Білок FOXP2 людини, який регулює розвиток мозку, легенів і кишечника та забезпечує розвиток мовних навичок, на 2 амінокислоти відрізняється від аналогічного білка шимпанзе

Генетичний: кількість і структура хромосом виду, тобто його каріотип (кожний вид має чітко визначений набір хромосом)

У людини 23 пари хромосом, а у шимпанзе їх 24

Екологічний: умови існування виду, його місце в біоценозі, взаємовідносини з іншими видами

Людина заселила багато різних біотопів, а шимпанзе живуть тільки в тропічному лісі

Критерії виду

У природі трапляються види-двійники, які дуже подібні між собою за зовнішньою будовою. Такі види було виявлено серед комах, риб, птахів, ссавців, рептилій, амфібій тощо. В Україні види-двійники знайшли у зелених ропух, полівок, мишаків. Тому, щоб не помилитися, для визначення виду використовують не якусь одну ознаку, а цілий комплекс критеріїв виду.

Ключова ідея

Існує кілька різних біологічних концепцій виду. Але в будь-якій з них окремі види визначають за допомогою комплексу критеріїв, а не за якоюсь однією окремою ознакою.

Рівні й типи біологічного різноманіття

Термін «біорізноманіття» почали застосовувати нещодавно. Поняття «біологічне різноманіття» ввів Томас Лавджой (мал. 10.1) 1980 року, а скорочений варіант — «біорізноманіття» — запропонував Едвард Осборн Вілсон 1986 року.

Зараз застосовують кілька різних варіантів значення терміна «біорізноманіття». Одним із найбільш поширених є такий: біорізноманіття — це сукупність генів, видів та екосистем у регіоні. Визначення, прийняте на саміті ООН у Ріо-де-Жанейро (1992), говорить, що біорізноманіття — це мінливості серед живих організмів з будь-яких ареалів, включаючи, зокрема, суходольні, морські та інші водні, та серед екологічних комплексів, частинами яких вони є, що включає мінливість усередині видів, між видами та між екосистемами. Відповідно, за рівнями можна розглядати біологічне різноманіття на рівні популяції, виду, екосистеми тощо.

Розрізняють три основні типи біорізноманіття: альфа- , бета- та гамма-різноманіття. Альфа-різноманіття оцінює різноманіття всередині угруповання, бета-різноманіття — між угрупованнями, а гамма-різноманіття — на рівні ландшафтної зони, яка містить цілу низку угруповань.



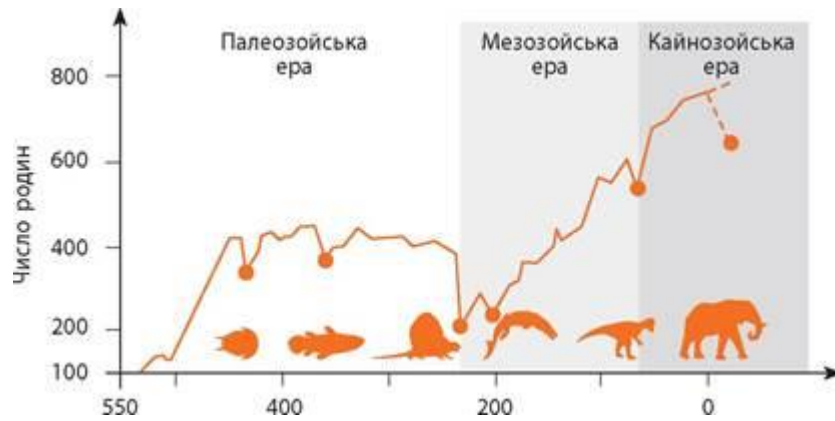
Мал. 10.1. Т. Лавджой (нар. 1941 р.) американський біолог

Значення біорізноманіття у природі й житті людини

Біорізноманіття відіграє надзвичайно важливу роль в існуванні біосфери. Протягом еволюції біорізноманіття постійно зростало, що добре видно на прикладі збільшення кількості родин живих організмів із часом (мал. 10.2).

Екосистеми можуть існувати тільки за умови, що до їхнього складу входять продуценти, консументи і редуценти, бо органічні речовини слід постійно утворювати і постійно руйнувати, щоб забезпечити обмін речовин. Тобто без мінімального біологічного різноманіття екосистема існувати просто не зможе. Теоретично мінімальною умовою існування екосистеми є наявність хоча б двох компонентів — продуцента і редуцента.

Більший рівень різноманіття робить екосистеми більш стійкими до зовнішніх впливів. Високе генетичне різноманіття збільшує шанси популяції на виживання в умовах зміни середовища існування, бо в такому випадку хоч хтось із нащадків може виявитися достатньо пристосованим до нових умов існування.



Мал. 10.2. Зміна числа родин тварин протягом останніх 550 мільйонів років



Мал. 10.3. Флористичні царства



Мал. 10.4. Зоогеографічні царства

Велике значення має біорізноманіття і для людини. Людина також є складовою екосистем. Тому високий рівень біорізноманіття збільшує шанс виживання екосистем узагалі й людини зокрема. Велика кількість різних видів тварин і рослин може бути джерелом природних сполук і матеріалів, які можуть використовуватися людиною.

Крім того, високе різноманіття надає людині переваги і в її господарській діяльності. Так, перші цивілізації на планеті зароджувалися у схожих умовах. Але євразійські цивілізації мали можливість для одомашнення набагато більшої кількості видів тварин, ніж, наприклад, американські. Одомашнення коней зробило більш ефективним як сільське господарство, так і транспорт, що стало причиною вищої ефективності економіки і швидшого розвитку цивілізації в Євразії.

Систематика і біогеографія

Систематика та біогеографія є науками, які складають основу вивчення біорізноманіття. Систематика розподіляє організми за систематичними групами, враховуючи ступінь спорідненості та еволюційну історію видів. Біогеографія досліджує закономірності географічного поширення живих організмів та їхніх угруповань і характер фауни (сукупності видів тварин) і флори (сукупності видів рослин) окремих територій.

Завдяки дослідженням систематики і біогеографії було, наприклад, виділено флористичні царства — райони Землі, які відрізняються особливостями флористичного складу (мал. 10.3). Цікаво, що фауністичне районування, яке теж було виконано, дало дещо інший поділ поверхні Землі на області (мал. 10.4).

Ключова ідея

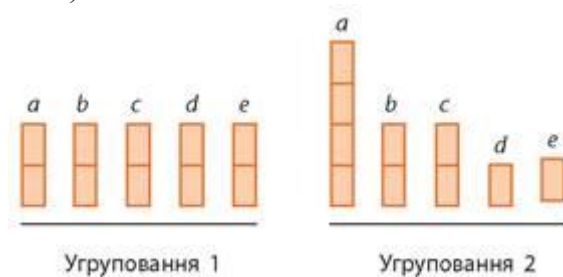
Біорізноманіття є обов'язковою умовою існування будь-якої екосистеми. Високий рівень біорізноманіття робить екосистеми більш стійкими. Воно має величезне значення для розвитку та виживання людства.

Методи вивчення біорізноманіття

Методи вивчення біорізноманіття є досить численними. До них належать інвентаризація, моніторинг, оцінка видового різноманіття, оцінка екосистемного різноманіття, біоіндикація.

Дуже важливим є кількісний аспект оцінювання різноманіття.

Оцінювати біорізноманіття можна як усередині якогось угруповання, так і порівнюючи між собою різні угруповання. Під час оцінювання біорізноманіття всередині угруповання не слід плутати його з багатством екосистеми. Видове багатство визначається кількістю видів, які присутні в екосистемі. А під час оцінювання біорізноманіття враховується також кількісна частка кожного з видів (мал. 11.1).



Мал. 11.1. Видове багатство угруповань 1 і 2 однакове, а біорізноманіття першого угруповання вище, ніж другого (a, b, c, d, e — певні види)

Інвентаризація і моніторинг

Будь-яка оцінка біорізноманіття починається з його переліку (інвентаризації).

Інвентаризація — це виявлення наявності всіх компонентів біорізноманіття та їх фіксація. Так, під час аналізу генетичного різноманіття виявляють усі існуючі варіанти генів, а під час аналізу видового різноманіття визначають усі види, які є в угрупованні.

Інвентаризація є тією основою, з якої починаються всі роботи з дослідження біорізноманіття. Адже перед тим як порівнювати, треба знати, що порівнювати.

Часто для відслідковування змін біорізноманіття використовують моніторингові дослідження. Моніторинг — це тип досліджень, за яких з певною періодичністю проводять ряд заходів, які дозволяють визначити стан

досліджуваного об'єкта. Заходи проводять однаковим чином і з використанням однакових приладів. Це дає можливість аналізувати динаміку змін стану та виявляти зміни, які відбуваються з об'єктом спостережень. Моніторингові дослідження дозволяють робити ефективні прогнози розвитку ситуації в екосистемах і запобігати негативним тенденціям, які вдається виявити.

Залежно від призначення виділяють загальний (стандартний), оперативний (кризовий) та фоновий (науковий) моніторинг. Фоновий моніторинг здійснюється у природних та біосферних заповідниках і на інших територіях, що охороняються. Він є докладним і високоточним, що дозволяє ефективно досліджувати зміну стану екосистем. Загальний моніторинг не такий докладний. Параметри, за якими він здійснюється, підбирають з точки зору оптимальності й достатності. Оперативний моніторинг проводять у зонах аварій та природних явищ, які суттєво порушили стан екосистеми.

Біоіндикація та екологічне прогнозування

Біоіндикація — це метод визначення екологічного стану екосистем за допомогою живих об'єктів. Як об'єкти можуть використовуватися клітини, організми, популяції окремих видів або екологічні угруповання. За допомогою біоіндикації можна оцінювати дію абіотичних, біотичних та антропогенних факторів.

Для діагностики стану екосистем використовують види-індикатори, які мають більшу чутливість до дії несприятливого фактору середовища і тому швидше реагують на зміни в дії цього фактору. Для оцінки дії різних факторів використовують різні види-індикатори (мал. 11.2).

Слід відмітити, що універсальних видів-індикаторів не існує. Це пов'язано з тим, що різні живі організми суттєво відрізняються між собою за стійкістю до дії різних факторів. І якщо, наприклад, певний вид є чутливим до зміни вмісту сполук Арсену у своєму середовищі існування, то це не означає, що він також буде гарним індикатором для виявлення зміни вмісту сполук Плюмбуму.

Для аналізу змін стану екосистеми в цілому застосовують не один вид-індикатор, а цілий комплекс таких видів. Для того щоб оцінка стану екосистеми була ефективною, до комплексу видів-індикаторів включають представників основних екологічних груп — продуцентів, консументів і редуцентів. При цьому серед консументів види-індикатори підбирають для кожного з основних трофічних рівнів.

Екологічне прогнозування — це передбачення можливої поведінки природних систем на основі інформації, яка була отримана в попередніх дослідженнях. Основою екологічного прогнозування часто є створення моделей екосистем, які дозволяють оцінити вплив на них як природних процесів, так і людської життєдіяльності. Для екологічного прогнозування створюють прогнозні карти, які періодично оновлюють, ураховуючи зафіксовані в екосистемах зміни.



Мал. 11.2. Види-індикатори: лишайники (а) — чистоти повітря, дафнії (б) — водних екосистем

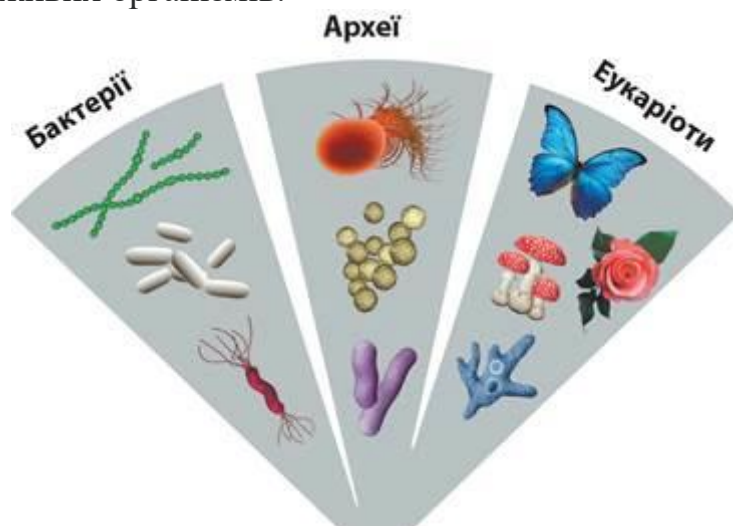
Ключова ідея

Спостереження за станом біорізноманіття в екосистемі може дати дуже багато корисної інформації. З його допомогою можна виявити появу нових проблем і зробити прогноз щодо майбутніх подій в екосистемі.

Тридоменна система живого світу

Карл Воуз (1990 р.), спираючись на аналіз послідовності нуклеотидів рРНК та деякі інші молекулярні характеристики, запропонував новий варіант систематики живих організмів. Згідно з ним організми поділялися на великі систематичні групи — домени. Домен — це таксон найвищого рангу, який включає кілька царств живих організмів.

Клітинні форми життя поділили на три домени — Бактерії, Археї та Еукаріоти (мал. 12.1). Віруси виділили як окремий таксон Vira, який об'єднує неклітинні форми життя й за рангом відповідає домену. Така класифікація найбільш точно відбиває сучасні уявлення про виникнення й еволюцію основних груп живих організмів.



Мал. 12.1. Три домени живих організмів

Характерні особливості доменів живих організмів

Група	Організми, які входять до складу групи	Особливості будови і життєдіяльності
Бактерії	Бактерії	Клітинні організми. У клітинах немає ядра й мембранних органел. Відрізняються значною різноманітністю біохімічних процесів у клітинах. Генетичний матеріал зазвичай представлений великою кільцевою молекулою ДНК (бактеріальною хромосомою). Можуть мати плазмід. Гени не містять інтронів
Археї	Археї (архебактерії)	Клітинні організми. Суттєво відрізняються від інших доменів за складом ліпідів та білків. У клітинах немає ядра й мембранних органел. Генетичний матеріал зазвичай представлений великою кільцевою молекулою ДНК (бактеріальною хромосомою). Можуть мати плазмід. Частина генів містить інтрони

Еукаріоти	Тварини, гриби, зелені рослини тощо	Клітинні організми. У клітинах є ядра та інші мембранні органели й цитоскелет. Генетичний матеріал міститься у хромосомах і має вигляд лінійних молекул ДНК. У мітохондріях і пластидах присутні невеликі молекули кільцевої ДНК. Гени містять інтрони
-----------	---	--



Мал. 12.2. Новий варіант системи організмів, у якому еукаріоти об'єднуються з археями і з'являється нова гілка (відділи-претенденти, які не можна поки що віднести ні до бактерій, ні до архей)

Макросистематика і метагеномний аналіз

Макросистематикою називають розділ систематики живих організмів, який працює із систематичними категоріями найвищих рангів — доменами, субдоменами, групами царств, царствами тощо. Останнім часом у цій галузі було зроблено чимало відкриттів. Це пов'язано із застосуванням новітніх методів аналізу, у першу чергу молекулярно-генетичних.

Зараз уже відома послідовність нуклеотидів ДНК для багатьох важливих генів сотень організмів. А геноми хоч кількох представників основних систематичних груп розшифровані повністю. Це дозволяє ефективно порівнювати організми між собою, встановлюючи їхні родинні зв'язки. Завдяки таким технологіям було поставлено питання про об'єднання архей та еукаріотів в один домен. Зараз воно активно обговорюється.

Також широке застосування отримав метод метагеномного аналізу. Він дозволяє вилучати й аналізувати ДНК безпосередньо з відібраних проб, без вирощування мікроорганізмів. Такий метод аналізу допомагає вивчати організми, які поки що не вдається вирощувати на поживних середовищах. Виявилося, що таких організмів набагато більше, ніж передбачалося раніше. Серед них навіть була виділена окрема група «відділів-кандидатів» (Candidate Phyla), яких поки що не змогли віднести ні до архей, ні до бактерій. Можливо, що їх доведеться виділяти в окремий домен (мал. 12.2).

Ця нова група цілком складається з організмів, які не вдається вирощувати в культурах. Поки що відома тільки будова їхньої ДНК і те, що, скоріше за все, вони є прокаріотами.

Ключова ідея

Усі клітинні організми у сучасній систематиці поділяють на три великі групи — домени: Бактерії, Археї та Еукаріоти. Віруси об'єднують в окрему групу неклітинних форм життя *Vira*, яка за рангом дорівнює домену.

Бактерії та Археї

Прокаріотів поділяють на дві великі групи — домени Археї та Бактерії (мал. 13.1). Бактерії трапляються в усіх середовищах існування. Вони живуть у воді, ґрунті, живих організмах. Архей спочатку виявили в зонах екстремального існування: у дуже гарячих джерелах (наприклад, у гейзерах) та в дуже холодних умовах, у водоймах із дуже солоним, кислим або лужним середовищем. Але наступні дослідження виявили значну кількість архей, які живуть і в нормальних умовах. Багато представників архей є мешканцями травних трактів тварин (жуйних, термітів, людей тощо).

Систематика бактерій та архей

Поділ бактерій на великі систематичні групи досі є предметом наукової дискусії. Якщо об'єднання видів до груп рангу відділу не викликають особливих проблем, то загальноприйняте їх об'єднання на рівні царств або субдоменів відсутнє.

Найбільш поширеним з існуючих варіантів є поділ бактерій на три великі групи: давні бактерії, терробактерії та гідробактерії. Представниками давніх бактерій є водневі бактерії (отримують енергію за рахунок окиснення водню) та термотоги (бактерії, які живуть у гарячих джерелах). До терробактерій належать ціанобактерії та збудник туберкульозу, а до гідробактерій — спірохети, хламідії та збудники чуми, холери і сальмонельозу.

Систематика архей також є ще недостатньо розробленою. Але вчені виділяють серед них дві великі групи — протеоархеї та еуархеї. До групи протеоархей належать нещодавно (2015 року) відкриті локіархеї. Їх вважають групою, яка є предковою для еукаріотів.

Характерні ознаки бактерій та архей

Ознака	Бактерії	Археї
Кількість клітин	Одноклітинні, колоніальні та (інколи) багатоклітинні (мають клітини різних типів, як носток)	Тільки одноклітинні
Будова клітинної мембрани	Мембрана завжди двошарова, складається з фосфоліпідів	Мембрана може бути двошаровою або одношаровою, складається з естерів гліцеролу та терпенових сполук
Клітинна стінка	Складається з муреїну та специфічних білків, часто має додаткові шари	Складається із псевдомуреїну та специфічних білків
Особливості геному	Не містить гістонів	Містить гістоноподібні білки
Особливості джгутиків	Порожністі білкові циліндри, ростуть кінчиком; обертання відбувається за рахунок різниці концентрації	Суцільні білкові нитки, ростуть основою; обертання відбувається за рахунок використання енергії АТФ



Мал. 13.1. Представники архей (а), одноклітинних (б) та багатоклітинних (в) бактерій

Значення бактерій та архей для людини

Для людини велике значення мають як бактерії, так і археї. Різні представники цих груп можуть мати для людини як позитивне, так і негативне значення.

Значення бактерій для людини

Взаємодія з людиною	Приклад
Використовуються у виробництві харчових продуктів	Кисломолочні продукти, сири, хлібобулочні вироби тощо
Є основним виробником продукції в біотехнологічному виробництві	Бактерії, які виробляють ліки (наприклад, інсулін)
Є складовою частиною бактеріальних добрив	Азотфіксуючі бактерії, які суттєво підвищують урожайність багатьох рослин
Є мутуалістичними симбіонтами кишечника людини	Кишкова паличка
Є збудниками багатьох захворювань як самих людей, так і важливих для них тварин і рослин	Збудники холери, чуми, туберкульозу, бактеріального раку рослин
Можуть пошкоджувати внаслідок своєї життєдіяльності споруди або механізми	Залізобактерії, які поселяються у водопровідних трубах і можуть перешкоджати руху води

Значення архей для людини

Взаємодія з людиною	Приклад
Є частиною мікробіоти кишечника людини	Метаногенні археобактерії товстого кишечника
Важливе джерело ферментів, які використовуються в наукових дослідженнях і промисловості	ДНК-полімерази археобактерій, які живуть у гарячих джерелах, використовують для полімеразної ланцюгової реакції
Збагачення руд металів під час видобування	Археобактерій використовують для видобутку золота, міді й кобальту
Виробництво продуктів харчування за високих температур	Ферменти архей використовують у виробництві молока з низьким вмістом лактози, яке відбувається за високої температури

Ключова ідея

Прокаріотичні організми представлені двома доменами — Бактерії та Археї, — які суттєво різняться між собою. Обидва домени відіграють дуже важливу роль у природних екосистемах і житті людини.