

В.І. Соболев

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

РІВЕНЬ СТАНДАРТУ

Підручник для 10 класу
закладів загальної середньої освіти

Кам'янець-Подільський



«Абетка»

2018

УДК 573
С54

Соболь В. І.

С54 Біологія і екологія : підруч. для 10 кл. закл. загальної середньої освіти / В. І. Соболь. – Кам'янець-Подільський : Абетка, 2018. – 272 с. : іл.

УДК 573

© В. І. Соболь, 2018
© ТЗОВ «Абетка», 2018
© ТЗОВ «Абетка», оригінал-макет, 2018

ЯК ПРАЦЮВАТИ З ПІДРУЧНИКОМ?

ЖИТТЯ! Якими прекрасними й дивними є його прояви! Як дивовижно поєднуються у біосистемах перервність і неперервність, стабільність і змінність, домінантне й рецесивне, чоловіче та жіноче, позитивне й негативне. Все це породжує здатність до самоорганізації й руху вперед.

Підручник містить теоретичний й практичний матеріал, щоб зацікавити вас, мотивувати, вказати на необхідність пізнання феномену життя, його найзагальніших закономірностей функціонування та збереження в сучасних умовах екологічної кризи.

У цьому підручнику, як і у попередніх, зміст ґрунтується на засадах продуктивного вивчення біології із застосуванням компетентнісного підходу. Підручник має на меті не лише надати теоретичні знання. Він допоможе вам у продуктивній й творчій діяльності та формуванні ставлення до навколишнього світу.

Матеріал підручника поділено на теми й окремі параграфи. Основними частинами параграфів підручника є такі рубрики.



Вступна частина містить епіграф до параграфа, рубрики **«Основне поняття й ключові терміни»**, **«Пригадайте!»**, **«Знайомтеся!»**, **«У світі цікавого»**, **«Новини науки»**, **«Поміркуйте!»**, а також ілюстративні завдання, ввідні вправи, класичні експерименти для формування мотивації до навчання. Крім того подано завдання, кольорові ілюстрації, відомості про живу природу, кросворди.



«ЗМІСТ» містить матеріал для засвоєння й формування знань, умінь, навичок, способів діяльності та переконань. Великими літерами синього кольору виділено **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ**, що організовують найважливішу інформацію, а малими синіми літерами – **ключові терміни**, що узагальнюють певну частину інформації. Основні поняття й ключові терміни є обов'язковими для запам'ятовування на відміну від понять, поданих *курсивом*. Матеріал «Змісту» поділений на частини, до яких подається запитання, а в кінці – узагальнювальний висновок.



«ДІЯЛЬНІСТЬ» містить матеріал для формування способів продуктивної діяльності, розвитку творчої активності й дослідницьких умінь, здійснення міжпредметних зв'язків тощо. Цей матеріал слугуватиме зміцненню, поглибленню, розширенню знань шляхом самостійного виконання завдань та створення власних освітніх продуктів, якими є: *проекти, малюнки, рисунки, висновки, дослідження, здобута інформація, презентація, власні рекомендації* тощо. У цій частині наводяться теми проектів, творчі завдання, міжпредметні завдання «Біологія + ...» тощо. Для формування практичних й дослідницьких умінь подано практичні роботи, дослідницькі завдання і лабораторні дослідження.



«СТАВЛЕННЯ» містить завдання для формування світогляду, переконань, емоційно-оцінних норм щодо природи, життя, науки, суспільства та власного здоров'я.



«РЕЗУЛЬТАТ» містить завдання й запитання для закріплення, контролю й корекції знань та самооцінювання навчальної діяльності. Вони подаються з поступовим ускладненням та із зазначенням рівня їхньої складності й оцінки в балах.

Після кожної теми подається матеріал під рубрикою **«Узагальнення знань»**. Для перевірки якості засвоєння матеріалу теми в рубриці **«Самоконтроль знань»** пропонуються завдання у форматі ЗНО.

Щиро зичимо вам успіхів у навчанні й здійсненні власних інтелектуальних відкриттів!



ВСТУП

*XXI століття – століття біології.
Із резолюції ЮНЕСКО*

§ 1. МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ЗВ'ЯЗКИ БІОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ

Основні поняття й ключові терміни: БІОЛОГІЯ. ЕКОЛОГІЯ.

Пригадайте! Що таке біологія й екологія?



Поміркуйте!

Проблема – це складне завдання, що потребує розв'язання, але його способи і можливий результат невідомі. Розв'язування наукових проблем приводить до наукових відкриттів. Які ж проблеми людини можуть бути розв'язані за допомогою біологічних знань?



ЗМІСТ

Чому XXI століття є століттям біології?

Двадцять перше століття – це століття біології, що прийшло на зміну століттю фізики. **БІОЛОГІЯ** стала не лише фундаментальною наукою про життя в усіх його проявах, а й частиною людської культури й духовності суспільства, що суттєво впливає на всі галузі діяльності людини. Сучасна біологія – це система наук про життя, про БІОСИСТЕМИ. Біологічні відкриття генетичного коду, механізмів штучного синтезу, рекомбінації й перенесення генів, біосинтезу білків, стовбурових клітин здатні змінити *медицину, сільське господарство, промисловість й охорону природи* та забезпечити розв'язування глобальних проблем людства.

Основними напрямками сучасних біологічних досліджень є:

- 1) вивчення механізмів регуляції процесів на всіх рівнях організації живого з метою пізнання закономірностей життя;
- 2) вивчення законів існування та розвитку біосфери з метою встановлення гармонійних відносин між природою та суспільством;
- 3) дослідження біологічних процесів з метою конструювання на їх основі нових біологічних й технічних систем;
- 4) вивчення впливу умов космосу на організм для з'ясування механізмів адаптації живих істот до дій космічних чинників;
- 5) дослідження біологічних процесів і об'єктів з метою використання знань

Основні глобальні проблеми людства

1. **Геополітичні** (проблеми війни і миру, тероризму)
2. **Екологічні** (зменшення біорізноманіття тощо)
3. **Демографічні** (наприклад, зміна кількості населення Землі)
4. **Соціальні** (проблеми охорони здоров'я, освіти)
5. **Економічні** (енергетичні, сировинні, продовольчі)

для біотехнологічного виробництва ліків, харчових продуктів, сировини, використання сонячної енергії, добування екологічно чистого палива, електроенергії, охорони природи, визначення можливостей використання генетично модифікованих харчових продуктів;

- 6) дослідження механізмів діяльності мозку з метою пізнання закономірностей регуляції процесів мислення, пам'яті, емоцій тощо;
- 7) вивчення механізмів спадковості й мінливості з метою розроблення методів раннього діагностування та виліковування спадкових хвороб людини, лікування нових інфекційних хвороб, дослідження захворювань рослин та механізмів фітоімунітету;
- 8) вивчення молекулярних і клітинних реакцій організмів на глобальні катастрофічні зміни клімату на планеті;
- 9) вивчення закономірностей старіння живих істот для подовження тривалості життя і розв'язування проблем довголіття людини.

Отже, XXI століття є століттям біології, тому що основні глобальні проблеми можуть бути розв'язані за допомогою біологічних знань.

Як пов'язані між собою біологія та екологія?

ЕКОЛОГІЯ (від гр. *ойкос* – дім, *логос* – наука) – це наука про взаємозв'язки живого між собою та з навколишнім середовищем. Екологія виникла як суто біологічна наука, але в наш час вона перетворилася на науку про фундаментальні властивості ЕКОСИСТЕМ та їх компонентів. Одним з перших, хто почав розглядати екологію не як вузьку біологічну наукову дисципліну, а як міждисциплінарну науку, був видатний американський зоолог й еколог **Юджин Одум** (1913–2002). У науковій праці «Основи екології» (1953) учений запропонував нову структурну організацію екології, центральне місце в якій відведено екосистемам. Нова концепція Одума стала справжньою революцією в екології.

Сучасна екологія є міждисциплінарною самостійною наукою, пов'язаною з багатьма іншими науками і передусім з біологією. Екологічні знання необхідні для досліджень з ботаніки, зоології, фізіології, морфології, систематики, біогеографії, еволюційної біології, генетики, біотехнології, оскільки біологічні системи – це відкриті системи, що взаємозв'язані із навколишнім середовищем триєдиним потоком речовин, енергії та інформації. При цьому екологія є біологічною наукою через те, що досліджує біологічні системи та їхні властивості.

На сучасному етапі розвитку суспільства біологічні й екологічні дослідження об'єднує спільна й надзвичайно актуальна мета: надати загальну картину функціонування природи та визначити місце і роль людини в природних процесах. Саме існування живої природи на нашій планеті та процвітання людського суспільства залежать від того, наскільки швидко будуть розкриті закономірності існування екосистеми і біосфери загалом.

Отже, характер міждисциплінарних зв'язків біології й екології на сучасному етапі розвитку суспільства визначається необхідністю розв'язання глобальних проблем людства.

Яке значення біологічних знань для людини?

Біологічне пізнання є організованою діяльністю відповідно до мети й завдань, результатом якої є нові знання про живу природу. Для накопичення та

обробки знань біологія використовує такі поняття, як *науковий факт, гіпотеза, теорія, закон*. Складність проявів життя зумовлює використання найрізноманітніших методів біології, фізики, хімії, географії, математики. Серед основних методів виокремлюють *порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг, моделювання та статистичний*.

Леонардо да Вінчі щодо досліджень природи радив: «Вивчаючи рухи води, не забудь з кожного знайденого факту зробити висновок для практики, щоб твоя наука не залишилася непотрібною». Нині з усіх природничих наук саме біологічні дослідження мають величезне практичне й наукове значення в житті людини й суспільства. Насамперед біологічні дослідження важливі для таких галузей діяльності людини, як:

- 1) *сільське і лісове господарство* (виращування культурних і дикорослих лісових рослин, розведення домашніх тварин, боротьба зі шкідниками та хворобами рослин і тварин);
- 2) *промисловість* (виробництво харчових продуктів, поживних речовин у харчовій промисловості; у легкій промисловості – отримання сировини для натуральних тканин з льону, бавовнику, одягу зі шкіри; антибіотиків, вітамінів, ферментів у мікробіологічній промисловості);
- 3) *медицина* (профілактика та лікування неінфекційних та інфекційних захворювань, збереження та зміцнення здоров'я людини, зростання тривалості життя);
- 4) *охорона природи* (для раціонального використання і збереження природних ресурсів, розв'язування екологічних проблем людства);
- 5) *селекція* (для створення й поліпшення якості сортів рослин, порід тварин й штамів мікроорганізмів, що їх використовує людина для розв'язування соціальних проблем);
- 6) *спорт* (для пізнання фізичних можливостей організму людини та організації шляхів й способів їхнього розвитку);
- 7) *мистецтво* (для створення естетичних об'єктів, ситуацій або дій, якими можна поділитись з іншими людьми й використати для розвитку особистості) (ил. 1);
- 8) *техніка й технології* (для вивчення можливостей використання живого під час створення машин, пристроїв, приладів чи виробничих процесів у певній галузі виробництва) (ил. 2) тощо.



Ил. 1. Мона Ліза (Леонардо да Вінчі, 1503) – один із найвидатніших творів мистецтва



Ил. 2. Плід занонії, що слугував зразком під час створення апаратів типу «літаюче крило»

Отже, ХХІ століття є століттям біології ще й тому, що немає такої галузі практичної діяльності людини, для якої біологічні дослідження не мали б жодного значення.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Завдання на застосування знань. «Кріобіологія»

Досягнення сучасної біології сприяли виникненню нових напрямів, розділів й дисциплін. Зіставте біологічні відкриття з розділами біології та отримайте назву технології збереження організмів у стані глибокого замороження та можливості їхнього оживлення.

1 Відкриття генетичного коду, механізмів синтезу генів	A Радіобіологія
2 Відкриття просторової структури ДНК	I₁ Клітинна інженерія
3 Створення перших гібридних клітин	I₂ Біокібернетика
4 Відкриття принципів організації живих організмів	K₁ Генна інженерія
5 Відкриття принципів організації білкових молекул	K₂ Цитогенетика
6 Дослідження закономірностей управління в біосистемах	H Протеоміка
7 Відкриття ролі хромосом у спадковості	O Біоніка
8 Дослідження впливу йонізуючого випромінювання на живе	P Молекулярна біологія

Біологія + Екологія. «Екологізація наук»

У Юджина Одума є цікаве формулювання щодо предмета екології та її зв'язків з біологією: «*Екологія – це біологія навколишнього середовища*». Спираючись на власний досвід, оцініть це визначення та наведіть приклади, що підтверджують чи спростовують вислів науковця. Що таке екологізація наук?



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Архітектура

Зіставте назви запропонованих об'єктів і явищ рослинного світу з визначеннями, що пояснюють їхнє застосування в біоніці, та отримайте прізвище видатного архітектора, який часто звертався до ідей живого. Кульмінацією творчості митця став собор Святої Родини у Барселоні.



1 Крилатка	A Стебло пшениці як модель для конструювання висотних споруд
2 Соломина	Г Плід клена як модель для вивчення обертальної підйомної сили крила
3 Жилки	Д Утворення паралельних хвилястих складок чи вигинів
4 Гофрування	I Зміцнення виробів або конструкцій елементами з міцнішого матеріалу
5 Армування	У Судинно-волокнисті пучки як опорна конструкція листків

Висловіть свої судження про значення біологічних знань в архітектурі, зокрема й для розвитку людства загалом.



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що вивчає біологія? 2. Назвіть основні галузі застосування біологічних знань. 3. Що вивчає екологія? 4. Чому екологія є біологічною наукою? 5. Що таке біологічне пізнання? 6. Назвіть основні галузі застосування біологічних досліджень.
7 – 9	7. Чому ХХІ століття є століттям біології? 8. Як пов'язані між собою біологія та екологія? 9. Яке значення біологічних знань для людини?
10 – 12	10. Оцініть важливість біологічних знань для розвитку людства.

Відкриті системи – системи, що постійно обмінюються інформацією, речовиною і вільною енергією із зовнішнім середовищем.
Л. фон Берталанфі

§ 2. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОСИСТЕМ ТА ЇХНІЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК

Основні поняття й ключові терміни: БІОСИСТЕМИ. Рівні організації біосистем.

Пригадайте! Що таке біосистеми?



Знайомтесь!

Карл Людвіг фон Берталанфі (1901–1972) – австрійський біолог, засновник узагальненої системної концепції, що отримала назву «Загальна теорія систем». Основна ідея запропонованої теорії: закони, що керують системами, – єдині для різних систем. Такими закономірностями є принципи зворотного зв'язку, єдності, ієрархії, емерджентності (раптової появи), закон мінімуму та інші.



ЗМІСТ

Якими є основні біосистеми?

Сучасне розуміння організації життя ґрунтується на системному підході, згідно з яким жива природа існує у формі біосистем. Будь-яка із живих природних систем є цілісною сукупністю взаємопов'язаних компонентів, що виконують особливі функції і забезпечують їхню єдність. Усі біосистеми є перервними й відокремленими одна від одної, мають певні розміри й структуру, тривалість існування й специфічні ознаки. Основними типами біосистем є клітина, організм, популяція, вид, екосистема та біосфера.

Клітина – біологічна система з найменшими розмірами й найпростішою структурою. Основними компонентами клітини є поверхневий апарат, цитоплазма і ядро (нуклеоїд), що побудовані із молекул хімічних речовин та їхніх комплексів. Клітини є основними елементами будови й життєдіяльності всіх організмів нашої планети.

Організм – біологічна система, яка побудована із клітин і завдяки системам регуляції та пристосувальним механізмам може відносно самостійно існувати в певному середовищі. Організми поділяють на одноклітинні, колоніальні й багатоклітинні. Саме ці біосистеми є найрізноманітнішими формами живої природи.

Популяція – біологічна система із вільноспарюваних між собою організмів одного виду, які проживають тривалий час на певній території й відносно ізольовані від інших таких самих груп. Компонентами популяцій є організми, а самі популяції є структурною одиницею видів. На рівні популяцій починаються еволюційні процеси, тому популяції є елементарними одиницями еволюції.

Вид – біологічна система із сукупності популяцій особин, яким властиві:
а) морфологічна подібність; б) вільне внутрішньовидове схрещування;

в) утворення плідного потомства; г) несхрещуваність з іншими видами; д) спільна територія існування – ареал; е) пристосованість до умов існування в межах ареалу; є) спільне походження. Вид є основною формою організації життя.

Екосистема – сукупність різних видів та середовища їхнього існування, що пов'язані обміном речовин, енергії та інформації. У межах біосистем цього рангу виокремлюють біотичний (біоценоз) та абіотичний (біотоп) компоненти, що пов'язані між собою колообігом речовин. Екосистеми існують унаслідок розподілу функцій між продуцентами, консументами й редуцентами.

Біосфера – біосистема найвищого порядку, склад, структура і властивості якої визначаються функціонуванням екосистем. Живий і неживий компоненти біосфери пов'язані між собою колообігом речовин у вигляді біогеохімічних циклів.

БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ (від грец. *біо* – життя, *система* – складена із частин) – це сукупність взаємопов'язаних компонентів, діяльність яких визначають їхню єдність та існування в просторі й часі.

У чому проявляється взаємозв'язок рівнів організації біосистем?

Критерієм для виокремлення рівнів організації біосистем є ступінь складності **структури** (від лат. *structura* – будова), тобто розташування взаємопов'язаних компонентів. Для характеристики рівнів організації життя застосовують ще й такий критерій, як **процес** (від лат. *processus* – переміщення, рух), що означає певні закономірні функціональні зміни й явища. Виокремлювати рівень організації доцільно в тому випадку, якщо на ньому виникають нові (емерджентні) властивості, що їх немає у систем нижчого рівня.

Уявлення про структурні рівні організації склалися в 20-х роках ХХ ст. (Л. фон Берталанфі, Г. Ч. Браун), а в середині 40-х років ХХ ст. сформувалася теорія рівнів організації (Р. Джерард, А. Емерсон) як конкретне вираження упорядкованості живого.

Як ви вже знаєте, розрізняють молекулярний, клітинний, організмний, популяційно-видовий, екосистемний (біогеоценологічний) та біосферний рівні організації біосистем (іл. 3). За необхідності, що визначається особливостями досліджуваного об'єкта, можна виокремлювати додаткові рівні: тканинний, рівень органів, рівень систем органів, біоценологічний.



Іл. 3. Основні рівні організації біосистем

Молекулярний рівень життя пов'язаний з організацією специфічних для живих організмів органічних сполук, їхньою взаємодією між собою і з неорганічними речовинами. При цьому відбуваються хімічні реакції й фізичні процеси перетворення енергії, речовин та інформації. На молекулярному рівні організації перебувають неклітинні форми життя (віруси, пріони, віроїди).

Клітинний рівень життя представлений вільноживучими одноклітинними організмами й клітинами багатоклітинних організмів. Компонентами структури клітин є хімічні елементи, речовини та їхні комплекси. На клітинному рівні відбуваються процеси поділу й передачі інформації, анаболізму й катаболізму.

Організовий рівень життя визначається клітинами в одноклітинних й колоніальних організмів, тканинами, органами й системами органів – у багатоклітинних організмів. Елементарною одиницею рівня є окремі клітинні організми з певними особливостями будови, життєдіяльності (живлення, дихання, виділення, розмноження тощо) та поведінки.

Популяційно-видовий рівень життя представлений популяціями й видами, що є надорганізмовими біологічними системами. Структурними компонентами є групи споріднених особин, об'єднаних певним генофондом і специфічною взаємодією з навколишнім середовищем. На цьому рівні формуються мікроеволюційні процеси адаптаціогенезу, регуляції чисельності популяцій, видоутворення тощо.

Екосистемний (біогеоценотичний) рівень життя представлений різноманітністю природних і штучних екосистем. Компонентами є живі угруповання (біоценози) й умови середовища існування. На цьому рівні здійснюються взаємодія організмів різних популяцій між собою, а також вплив екологічних чинників, що визначають їх чисельність, видовий склад і продуктивність.

Біосферний рівень життя об'єднує усі екосистеми Землі. На цьому рівні відбуваються біогенна міграція живої речовини, біологічний кругообіг речовин та перетворення енергії.

Основою взаємозв'язку всіх рівнів організації біосистем є потоки речовин, енергії та інформації та принцип структурної ієрархії систем, згідно з яким будь-яка біосистема є компонентом біосистеми вищого рангу, і, в свою чергу, складається з підпорядкованих їй біосистем нижчого рангу.

Отже, **рівні організації біосистем** – це певний тип взаємодії структурних й функціональних складників біологічних систем.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з ілюстраціями. «Характеристика біосистем»

Розпізнайте на малюнках біосистеми різних рівнів організації. Назвіть складові компоненти та наведіть приклади процесів, характерних для зображених біосистем. Заповніть у робочому зошиті таблицю «Характеристика основних типів біосистем» і сформулюйте висновок про подібність та відмінності різних біосистем.

Назва біосистеми	Структурні складники	Функціональні процеси



Біологія + Екологія. «Характеристика рівня організації біосистем»

Риба-клоун (*Amphiprion ocellaris*) досить часто вступає у взаємовигідні взаємовідносини з **актиніями** (наприклад, *Heteractis magnifica*). Щупальця цих тварин містять небезпечні жалкі клітини і захищають риб та їхню ікру від хижаків. У свою чергу, риби-клоуни очищають актинію від сміття і відганяють від неї хижаків, наприклад крабів і риб-метеликів, які не проти поласувати щупальцями цих істот. Назвіть і охарактеризуйте рівень організації цих взаємовідносин.



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Біорізноманіття. «Опис окремих біосистем»

З поміж представників класу Ссавці здатність продукувати отруйний секрет мають яйцекладні ссавці та окремі представники комахоїдних. І лише один відомий вид є серед приматів. Це **малий товстий лорі** (*Nycticebus rugtaeus*), поширений у лісах В'єтнаму, Лаосу й Камбоджі. На внутрішньому боці ліктьового суглоба в цієї тварини є залози, секрети яких, змішуючись із слиною, перетворюються на сильну отруту. Опишіть цей організм як біосистему?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біосистеми? 2. Назвіть основні типи біосистем. 3. Наведіть приклади біосистем різних рівнів. 4. Що таке рівні організації біосистем? 5. Назвіть основні рівні організації біосистем. 6. Назвіть критерії, за якими характеризують біосистеми.
7 – 9	7. Якими є основні біосистеми? 8. В чому виявляється взаємозв'язок рівнів організації біосистем? 9. Чим біосистеми різняться між собою?
10 – 12	10. У чому полягають подібність та відмінності різних біосистем?

§ 3. ВЛАСТИВОСТІ ЖИВОГО

Основні поняття й ключові терміни: ЖИТТЯ. Саморегуляція. Самооновлення. Самовідтворення.

Пригадайте! Що таке біосистеми?



Поміркуйте!

«Папороть, що росте в лісі, – жива система? Безперечно. А морозяні візерунки на шибиці? Певно ви здогадаєтесь, що ні, хоча зовні вони бувають схожі на листки папороті. Яка ж відмінність між першим і другим? Якщо на замерзлу шибку впаде сонячний промінь, то крижана папороть розтане, а справжня саме завдяки сонячному світлу ростиме й розвиватиметься, бо поглинає його енергію». Які особливості біосистем відрізняють їх від фізичних чи хімічних систем?



ЗМІСТ

У чому суть визначальних ознак біосистем?

Організація біосистем пов'язана з внутрішньою **впорядкованістю** структури й процесів, для підтримання якої усі живі системи можуть вивільняти, перетворювати й використовувати енергію ззовні. Крім того живе здатне не лише підтримувати, а й збільшувати свої енергетичні запаси. Як відзначав відомий біохімік В. О. Енгельгардт (1894–1984), саме «у здатності живого створювати порядок із хаотичного теплового руху молекул полягає найглибша, корінна відмінність живого від неживого». Проявами цієї найзагальнішої властивості живого є всі інші ознаки біосистем, що відрізняють їх від фізичних чи хімічних систем.

Усі біосистеми є **відкритими**, тому що постійно обмінюються із середовищем речовинами, енергією та інформацією, а в закритих неживих систем такого обміну не відбувається. Так, рослинний організм отримує із середовища світло-ву, звукову, хімічну інформацію, поживні речовини, сонячну енергію, а віддає в середовище кисень, воду, тепло.

Будь-якій біосистемі властиві механізми **саморегуляції**, що забезпечує їхню впорядкованість й стійкість у часі. Саморегуляція біосистем виявляється у здатності підтримувати динамічну сталість свого внутрішнього стану (гомеостаз). Механізми саморегуляції дуже різноманітні у біосистемах, вони забезпечують функцію керування відповідно до умов довкілля і виявляються на всіх рівнях організації життя. Наприклад, концентрація речовин у клітинах регулюється наявністю та змінною активністю ферментів, у організмів досліджено гуморальні, нервові та імунні механізми регуляції, на рівні популяції описано механізми регуляції чисельності та ін. Чим складнішою є структура біосистеми, тим різноманітнішими будуть механізми регуляції і тим стійкішою вона буде до впливів навколишнього середовища.

Ще однією важливою особливістю біосистем є здатність до **самовідтворення** собі подібних. Ця властивість є фундаментальною, оскільки забезпечує наступність життя на Землі. «*Omne vivum ex vivo*» (Живе з живого), як зауважив ще в XVII ст. італійський лікар і натураліст Ф. Реді (1626–1697). На молекулярному рівні самовідтворення відбувається на основі матричного синтезу ДНК, РНК й білків, клітини відтворюють собі подібних шляхом поділу, організми розмножуються нестатевим чи статевим способом, відтворення популяцій забезпечується розмноженням організмів та їхньою здатністю до розселення.

Усі біосистеми здатні зберігати своє існування в межах певного кінцевого періоду завдяки процесам **самооновлення**, що спрямовані на утворення нових чи відновлення пошкоджених складників компонентів. Так, пошкоджена ДНК може бути відновлена через механізми репарації, нові мітохондрії чи пластиди утворюються шляхом поділу, відновлення клітин чи органів забезпечує регенерація, оновлення організмів здійснюється за допомогою стовбурових клітин, а самооновлення екосистем – у результаті сукцесій.

Отже, **біологічні системи** – це відкриті упорядковані системи, здатні до саморегуляції, самовідтворення та самооновлення внаслідок постійного потоку речовин, енергії та інформації.

Якими є описові структурно-функціональні ознаки живого?

Життя – це особлива форма існування матерії, що відрізняється від неживої природи особливостями структури та процесів. У біології існують різні формулювання, в яких життя визначається субстратом (субстратний підхід) або розглядається як сукупність специфічних процесів (функціональний підхід).

«Життя – це спосіб існування білкових тіл, суттєвим моментом якого є постійний обмін речовин з навколишньою природою» (Ф. Енгельс).

«Живі тіла, які існують на Землі, являють собою відкриті, саморегульовальні та самовідтворювальні системи, що побудовані з біополімерів – білків і нуклеїнових кислот» (М. В. Волькенштейн).

«Життя – це глобальна планетарна самовпорядкована, енергетично та інформаційно відкрита система, що являє собою велике розмаїття форм єдиної у фізико-хімічному відношенні живої речовини» (В. І. Вернадський).

«Життя є формою існування біополімерних тіл (систем), здатних до самореплікації в умовах постійного обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем» (В. І. Гольдманський).

Життя – це активна властивість живої матерії, що відбувається із витратами енергії на підтримання і відтворення специфічної структури (Б. М. Медніков).

Проблема пізнання суті життя є найголовнішою проблемою не лише біології. Різні науковці наводять різні тлумачення життя і виокремлюють різні особливості феномену життя.

Фізика. *«Життя є явищем, яке властиве відкритим системам, що здатні самостійно знижувати власну внутрішню невпорядкованість за рахунок речовин або вільної енергії, отриманих з довкілля і згодом виділеної у вигляді продуктів життєдіяльності й теплоти».*

Хімія. *«Життя – це не властивість якої-небудь молекули, а радше результат взаємодії між молекулами».*

Кібернетика. «Живі системи – це системи, крізь які проходять безперервні потоки речовин, енергії, інформації і які здатні сприймати, зберігати й переробляти інформацію».

Філософія. «Життя – особлива, складна форма руху матерії, найважливішими ознаками якої є подразливість, ріст, розмноження, в основі яких лежать процеси самооновлення речовин».

Попри усі намагання науковців однозначного визначення життя й досі не існує. Живим організмам притаманна низка ознак, яких немає у більшості неживих систем. Проте серед них немає жодної, яка була б притаманна лише живому. Єдиний спосіб описати життя – це перелічити визначальні ознаки (атрибути) та описові структурно-функціональні ознаки живого.

Схема 1. ОЗНАКИ ЖИВОГО

УПОРЯДКОВАНІСТЬ ЯК НАЙЗАГАЛЬНИШИЙ АТРИБУТ ЖИТТЯ		
⇕		
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИТТЯ		
Саморегуляція. Самовідтворення. Самооновлення		
⇕		
Структурно-функціональна організація життя		
Структурна організація		Функціональна організація
1. Єдність хімічного складу (подібність біоелементів та біомолекул) 2. Клітинна будова 3. Рівневість організації (молекули – клітини – організми – популяції – види – екосистеми – біосфера)	⇕ Потік речовин, енергії та інформації	Основні властивості життя. Обмін речовин. Адаптивність. Ріст. Розвиток. Спадковість. Мінливість. Гомеостаз. Подразливість Процеси життя: опора, рух, живлення, дихання, транспортування речовин, виділення, розмноження, рух, ріст, регуляція процесів

Отже, **ЖИТТЯ** – це принцип існування біологічних систем, які відрізняються від неживого складністю та високою структурною й функціональною впорядкованістю, що підтримується завдяки здатності поглинати, перетворювати та передавати енергію ззовні.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з таблицею

Визначте прояви життя, які вивчають за допомогою названих наук. Заповніть у робочому зошиті таблицю та зробіть висновок про значення інтегрованого підходу для пізнання суті життя.

Наука	Прояви життя
Хімія	
Фізика	
Географія	
Кібернетика	
Соціологія	
Математика	

Біологія + Мінералогія

Південна частина Румунії стала відома своїми «живими» каменями, що вміють рости, дихати і навіть розмножуватися. Місцеве населення називає їх тровантами. Ці камені мають обтічну форму, на зрізі можна розгледіти вікові кільця, зосереджені навколо невеликого твердого ядра. Камені здатні ще й до розмноження, що нагадує брунькування. Чому ж ці «неорганічні форми життя на основі кремнію», як їх називають деякі науковці, не належать до живої природи?



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Мистецтво

Жозефіна Волл (нар. 1947) – сучасна британська художниця в стилі фентезі. Її картини надзвичайно популярні в усьому світі. Жозефіна переконана, що художник, який перебуває в оточенні прекрасної природи, є своєрідним каналом для передачі енергії від Матері-Землі усім людям. Мистецтво і його естетичні можливості допомагають зрозуміти принадність та вразливість навколишнього світу. Що таке естетика? У чому полягає естетична цінність живої природи?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Назвіть фундаментальні властивості живого. 2. Чому біосистеми називають відкритими? 3. Що таке саморегуляція, самовідтворення та самооновлення? 4. Наведіть 2–3 приклади визначень життя. 5. Назвіть ознаки структурної організації життя. 6. Назвіть властивості та основні процеси життя.
7 – 9	7. У чому суть визначальних ознак життя? 8. Якими є описові структурно-функціональні ознаки живого? 9. У чому полягає складність визначення такого явища, як ЖИТТЯ?
10 – 12	10. Чому пізнання суті життя є проблемою науки загалом, а не лише біології?

§ 4. СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИРОДИ Й СУСПІЛЬСТВА

Основні поняття й ключові терміни: **Навколишнє середовище. Сталий розвиток природи і суспільства.**

Пригадайте! Що таке природа?



Поміркуйте!

У 1973 р. Генеральною Асамблеєю ООН було засновано Всесвітній день охорони навколишнього середовища, який відзначають 5 червня. Щороку відбуваються заходи до цього Дня, присвячені певній темі. Тему 2017 р. сформульовано так: «Єднання людей і природи – в місті й селі, від полюсів до екватора». Яка ж мета Всесвітнього дня охорони навколишнього середовища?



ЗМІСТ

Якою є структура навколишнього середовища?

Навколишнє середовище, або **довкілля**, – це частина природи, що оточує людину, підтримує її існування, створює умови для діяльності й суспільних відносин, безпосередньо впливає на її життя і здоров'я. Поняття «природа» і «навколишнє середовище» дуже подібні, але перше є значно ширшим. Навколишнім середовищем називають ту частину природи, з якою людське суспільство взаємодіє у своєму житті й виробничій діяльності. Навколишнє середовище складається з двох взаємозалежних частин: природної і штучної. Природним компонентом є планета Земля з її різноманітними оболонками – атмосферою, гідросферою, літосферою та біосферою. Суспільну частину середовища людини становлять суспільство і суспільні відносини, що утворюють його штучну частину.

Науковці виокремлюють два основні аспекти у вивченні відносин людини з навколишнім середовищем. По-перше, досліджують всю сукупність впливів, що чинять на людину середовище і різні чинники довкілля. По-друге вивчають адаптації людини і людських спільнот до навколишнього середовища.

Сьогодні всі проблеми навколишнього середовища є предметом нової науки під назвою **енвайронментологія** (від англ. *environment* – навколишнє середовище, довкілля). Ця наука має виражений прикладний характер, а традиційна екологія є її теоретичною основою. Методологічними засадами енвайронментології слугують наукова теорія природокористування, вчення про охорону природи та сучасна концепція збалансованого розвитку природи й суспільства.

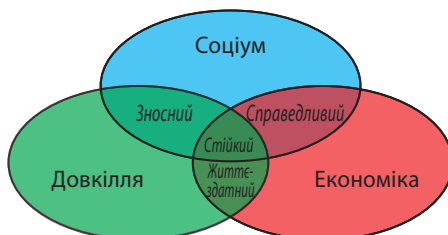
Отже, навколишнє середовище є частиною природи і має природний та штучний компоненти.

У чому суть стратегії сталого розвитку природи й суспільства?

Сталий розвиток природи й суспільства (англ. *Sustainable development*) – розвиток суспільства, за якого економічне зростання, матеріальне виробни-

цтво і споживання відбуваються в межах, що їх визначає здатність екосистем до самовідновлення. Термін «сталий (збалансований) розвиток» з'явився у 1980 р. у документі «Всесвітня стратегія охорони природи» (ВСОП), підготовленому Міжнародним союзом охорони природи і природних ресурсів (МСОП). Ця стратегія містила принципово нове положення: збереження природи нерозривно пов'язане з питаннями розвитку суспільства.

Автором інноваційної економічної теорії сталого розвитку, висвітленої в монографії «Поза зростанням: Економічна теорія сталого розвитку», є провідний дослідник економічних аспектів забруднення довкілля **Герман Дейлі**. Теорія сталого розвитку є альтернативою концепції екстенсивного економічного зростання, що ігнорує екологічні небезпеки. Сталий розвиток – це доволі складна конструкція, яка полягає в збалансованому розвитку трьох компонентів: економічного, соціального та екологічного (іл. 4). Не можна говорити про сталий розвиток, розглядаючи лише один із компонентів. Існують ілюстрації, де зображені три кола: економіка, суспільство, природа. Ділянка перетину і є зоною сталого розвитку.



Іл. 4. Триєдина концепція сталого розвитку

Концепція сталого розвитку ґрунтується на таких п'яти принципах.

1. Людство може надати розвитку суспільства сталого характеру, щоб він відповідав потребам людей сучасного й майбутніх поколінь.
2. Обмеження, які існують у галузі експлуатації природних ресурсів, пов'язані з сучасним рівнем розвитку техніки і соціальної організації, а також із здатністю біосфери до самовідновлення.
3. Необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і надати їм можливість реалізувати свої надії на благополучне життя.
4. Необхідно, щоб використання природних ресурсів відповідало екологічним можливостям планети, зокрема виробництво енергії.
5. Темпи росту кількості населення мають відповідати виробничому потенціалу біосфери, який у сучасних умовах швидко змінюється.

В основі стійкого розвитку лежить перехід до так званої «зеленої» економіки. **«Зелена економіка»** – це економіка, яка раціонально використовує природні ресурси, зберігає екосистеми і біорізноманіття та забезпечує при цьому зростання рівня доходів і зайнятості. Це «низькокарбонова» економіка, економіка з мінімальним використанням вуглеводневих ресурсів, економіка з низькою енергоємністю. В умовах ресурсної та енергетичної залежності України саме поступова заміна «коричневої» індустріальної економіки на



Іл. 5. Символи пріоритетних напрямів «зеленої» економіки в Україні

нову «зелену» уможливило забезпечення національної безпеки держави в найближчі десятиріччя. Передбачено упровадження таких інструментів «зеленої» економіки, як «зелені» технології, «зелений» транспорт, «зелене» будівництво, «зелені» закупівлі, «зелена» енергетика та ін. (іл. 5).

Отже, як сформульовано у звіті Комісії ООН, «збалансований розвиток природи й суспільства – це розвиток, що задовольняє потреби нинішніх поколінь і не загрожує можливості наступних поколінь реалізовувати свої потреби».

У чому полягає необхідність оновленої системи цінностей щодо природи?

Основною причиною екологічної кризи у відносинах людини й природи є не збільшення кількості населення, не розвиток промисловості, не наші економічні або політичні системи, а система цінностей, що визначають ставлення людини до природи. Основними такими цінностями є *економічна* (ресурсна), *пізнавальна* (освітня), *естетична* (природа навчає людину бачити й пізнавати прекрасне, творити й охороняти красу в усьому), *етична*, *екологічна* та ін.

Моральні й духовні аспекти ставлення людини до живої та неживої природи вивчає екологічна етика. **Екологічна етика** – це вчення про моральні стосунки людини з природою, що засновані на розумінні рівноправності й рівноцінності всього живого. Екологічна етика вчить людину у своєму ставленні до організмів зважати на їх права, якими є: право на життя, право на природну свободу, право на необхідну для життя частку земних благ, право на відсутність відповідальності перед людиною, право на захист законом, право на захист від страждання з вини людини.

Отже, врятувати природу зможе лише створення нової ціннісної системи, заснованої на високому рівні оцінювання внутрішніх і зовнішніх цінностей природи, використання яких не завдає непоправної шкоди природі.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з ілюстрацією «Цілі сталого розвитку»



15 вересня 2017 р. уряд України оприлюднив Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна». У доповіді представлено 17 глобальних цілей сталого розвитку з урахуванням специфіки національного розвитку країни. Розподіліть цілі за трьома компонентами сталого розвитку.

Біологія + Англійська мова «UNEP»

Перекладіть текст і підготуйте пояснення про міжнародну програму «ЮНЕП».

«The United Nations Environment Programme (UNEP) is an international entity whose mandate is to promote sustainable development and prudent use of the global environment. It assists many countries to achieve resilient, low-emission pathways through its flagship programmes in adaptation, forestry, energy efficiency and transition to sustainable development. Its key activities include promoting investment in clean technologies in order to reduce emissions, protecting biodiversity and ecosystems, alleviating poverty, and ecosystem-based adaptation in order to reduce human vulnerability and strengthen resilience to the impacts of climate change. It works with the financial communities to mobilize financial resources for investments in low carbon and climate resilient development; developing climate finance readiness and capacity-building; and undertaking policy and research analysis».



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Економіка. «Економічні цінності природи»

Проаналізуйте вислів індіанців і наукове повідомлення.

- Північноамериканські індіанці казали: «Коли буде зрубане останнє дерево, буде отруєна остання річка і буде зловлена остання риба, дуже погано, якщо лише тоді людина зрозуміє, що вона не може їсти гроші».
- Новини екології: «Науковці й економісти нещодавно спільними зусиллями дослідили 5 екосистем, змінених людиною з комерційною метою. Дослідники зробили дивний висновок: за умови збереження екосистем у вихідному незміненому стані їх економічна цінність була б на 14 – 75 % більшою, ніж після антропогенного перетворення».



Сформулюйте висновок про необхідність зміни економічних цінностей людини щодо природи. В чому суть екологізації економіки?

Жозефіна Волл. Земля моїх предків. Початок 1990-х рр.



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке навколишнє середовище? 2. Назвіть основні компоненти довкілля. 3. Що таке сталий розвиток природи й суспільства? 4. Назвіть принципи сталого розвитку природи й суспільства. 5. Що таке цінності природи? 6. Назвіть основні цінності людини щодо природи.
7 – 9	7. Якою є структура навколишнього середовища? 8. В чому полягає суть стратегії сталого розвитку природи й суспільства? 9. Чому необхідно оновити систему цінностей щодо природи?
10 – 12	10. Якими є глобальні цілі сталого розвитку природи й суспільства?

Самоконтроль знань

Тест-застосування 1. ВСТУП

I. Завдання на вибір правильної відповіді

- Дотик до листка мімози соромливої (*Mimosa pudica*) спричиняє його провисання. Назвіть властивість.
А обмін речовин **Б** розвиток
В спадковість **Г** подразливість
- Які речовини необхідні для автотрофного живлення троянд?
А білки й вуглеводи **Б** CO_2 і H_2O
В кисень й вода **Г** мінеральні солі й олії
- З прикопаного пагона верби білої (*Salix alba*) виростає нове дерево. Назвіть явище, що є основою події.
А транспірація **Б** регенерація
В тропізм **Г** статеве розмноження
- До якого рівня організації живої матерії належить об'єкт?
А молекулярного
Б клітинного
В організмового
Г екосистемного
- Учні насипали у дві посудини шарами перегній і пісок, після чого помістили в одну із них кілька дощових черв'яків, а іншу залишили без змін. Назвіть метод.
А моніторинг **Б** моделювання
В експериментальний **Г** статистичний



II. Завдання на встановлення відповідності

- Установіть відповідність між функціональними процесами та рівнями організації живої матерії.

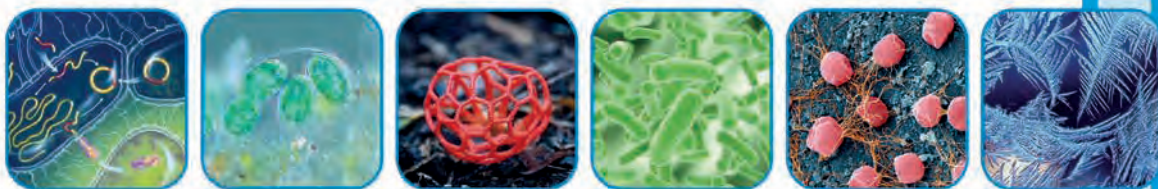
1 біокаталіз	А екосистемний
2 мітоз і мейоз	Б популяційно-видовий
3 нервова регуляція функцій	В організмовий
4 колообіг речовин й енергії	Г клітинний
	Д молекулярний

III. Завдання на вибір правильної комбінації відповідей

- Виберіть ознаки, що характеризують зайця білого (*Lepus timidus*).

- | | | |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|
| А Рівень | Б Належність до групи | В Спосіб живлення |
| 1 молекулярний | 1 амфібії | 1 хижак |
| 2 клітинний | 2 рептилії | 2 паразит |
| 3 організмовий | 3 птахи | 3 фітофаг |
| 4 екосистемний | 4 ссавці | 4 сапрофаг |





Тема 1. БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Природа! Вона вічно створює нові образи: те, що є, – того не було; те, що було, – вже більше не повториться...
Й. В. Гете

§ 5. БІОРІЗНОМАНІТТЯ. БІОСИСТЕМАТИКА

Основні поняття й ключові терміни: БІОРІЗНОМАНІТТЯ. БІОСИСТЕМАТИКА. Філогенетична систематика. Класифікація.

Пригадайте! Що таке біорізноманіття й систематика?



Поміркуйте!

Міжнародний день біологічного різноманіття

(англ. *International Day for Biological Diversity, IDB*) – міжнародний день, який оголосила Генеральна Асамблея ООН для залучення уваги до проблем біорізноманіття, що є основною умовою існування біосфери. Цей день весь світ відзначає 22 травня, починаючи з 2000 р. А що таке біорізноманіття?



ЗМІСТ

Які чинники впливають на формування та розвиток біорізноманіття нашої Землі?

БІОРІЗНОМАНІТТЯ – 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 антропогенні) **чинники**.

Особливим є вплив антропогенного чинника. Згідно з доповіддю Всесвітнього фонду дикої природи (англ. *World Wildlife Fund, WWF*), з ним 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?

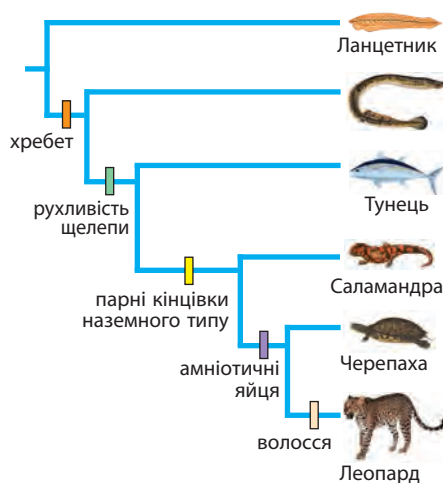
БІОСИСТЕМАТИКА (від грец. *систематікос* – упорядкований) – наука, що описує, називає й класифікує існуючі та вимерлі організми. Основне завдання цієї науки – створення системи органічного світу для орієнтації у величезній різноманітності організмів. Найпоширенішим методом біосистематики є *порівняльно-морфологічний*. 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 напрямками 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.

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). В 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 називаються **кладограмами** (іл. 7).

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 –



Іл. 6. Віллі Хенніг



Іл. 7. Кладограма окремих таксонів хордових з виділеними характерними визначальними ознаками (апоморфіями)

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).

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 *яблуна 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.

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	Яблуна
Вид	Яблуна домашня



ДІЯЛЬНІСТЬ

Лабораторна робота 1. ВИЗНАЧЕННЯ

ТАКСОНОМІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ ВИДУ В СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Мета: розвивати уміння застосовувати знання про критерії виду на практиці та формувати практичні уміння характеризувати види.

Обладнання: ілюстрації (гербарії, натуральні об'єкти тощо) двох видів одного роду.

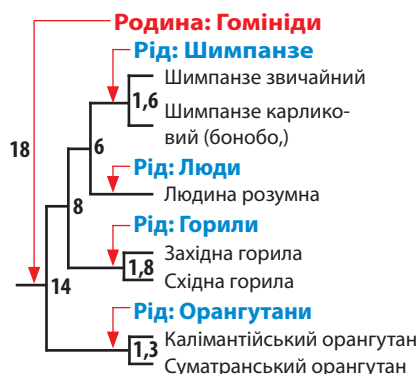
Хід роботи

1. Укажіть українські й латинські назви видів, обраних для характеристики.
2. За допомогою основних таксономічних категорій визначте місце видів у системі органічного світу.
3. Назвіть ознаки родової належності, які свідчать про найтісніші родинні зв'язки, що відображають подібність та спільність походження. Яка причина подібності видів?
4. Укажіть ознаки видової належності. Яка причина відмінностей видів?

Підсумок роботи.

Біологія + Еволюція

Проаналізуйте кладограму гомінід, у якій відображено еволюційні зв'язки між існуючими нині видами (цифри вказують на час розходження груп у мільйонах років тому) та за її допомогою визначте таксономічне положення виду *Людина розумна*.



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Туризм. «Біорізноманіття і туризм»

Тема Міжнародного дня біологічного різноманіття у 2017 р.: «Біорізноманіття та сталий туризм». Тему обрано у зв'язку із проголошенням Генеральною Асамблеєю ООН 2017 року Міжнародним роком сталого туризму. Чому підтримка біорізноманіття є обов'язковою умовою в організації туристичної діяльності? Яке значення біосистематики у вивченні біорізноманіття?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біорізноманіття? 2. Назвіть види біорізноманіття. 3. Що таке систематика? 4. Назвіть сучасні методи систематики. 5. Що таке класифікація? 6. Назвіть основні систематичні категорії.
7 – 9	7. Які чинники впливають на формування та розвиток біорізноманіття нашої Землі? 8. Назвіть основні методи, напрями та розділи сучасної систематики. 9. Які принципи наукової класифікації організмів?
10 – 12	10. Яке значення систематики для сучасних біологічних досліджень?

§ 6. СУЧАСНІ КРИТЕРІЇ ВИДУ

Основні поняття й ключові терміни: **Критерії виду. БІОЛОГІЧНИЙ ВИД.**

Популяція. Підвид.

Пригадайте! Які є рівні організації живої природи?



Поміркуйте!

З колись численного ряду хоботних нині залишилося всього два роди – **африканський** та **індійський слони**. Африканські слони об'єднують два види – слон саванний (*Loxodonta africana*) та слон лісовий (*Loxodonta cyclotis*). Індійські слони представлені лише одним видом – *Elephas maximus*, назва якого збігається з назвою роду. Чому це різні види?



Африканський слон



Індійський слон



ЗМІСТ

Якими є критерії виду?

Критерії виду (від грец. *критеріон* – засіб для суджень) – ознаки подібності між особинами одного виду, а також ознаки, за допомогою яких один вид відрізняють від іншого. Видову самостійність певної групи особин установлюють за такими критеріями, як морфологічний, каріотипічний, фізіологічний, біохімічний, географічний, екологічний.

Морфологічний критерій передбачає виділення та опис зовнішніх ознак у особин одного виду. Так, за розмірами, забарвленням пір'я можна розрізнити зеленого й чорного дятлів (іл. 8). Цей критерій є найзручнішим і тому широко застосовується в систематиці. Проте в природі трапляються види, що їх неможливо розрізнити за зовнішніми ознаками. Це види-двійники – морфологічно схожі між собою, але відрізняються за іншими ознаками. Так, за назвою *пацюк чорний* виявлено два види-двійники, в яких 38 та 42 хромосоми.



Іл. 8. Чорний (1) і зелений (2) дятли

Каріотипічний (генетичний) критерій пов'язаний з вивченням кількості хромосом у каріотипі та особливостей їхньої будови. Саме ці особливості визначають *генетичну відокремленість* як головну ознаку виду. Це пояснюється тим, що особливості та кількість хромосом впливають на перебіг мейозу й забезпечують відносну генетичну ізоляцію видів у природі. У тих випадках, коли міжвидове схрещування все ж таки відбувається, гібридні особини або є стерильними, або із меншою життєздатністю. Це один із найнадійніших критеріїв, проте й він не абсолютний. Так, усі шість видів-двійників малярійного комара мають $2n = 2$, 46 хромосом є не лише в каріотипі людини, а й у люпину.

Фізіологічний критерій полягає в подібності процесів життєдіяльності особин одного виду і передусім подібності розмноження, що визначає можливість отримання потомства під час схрещування. Але й цей критерій «спрацьовує» не завжди: встановлено чимало різних видів, які можуть схрещуватися в природі й давати плідні гібриди. Прикладами є міжвидові гібриди зайця-русака й зайця-біляка, одно- й двогорбого верблюдів, терену й аличі та ін.

Біохімічний критерій для визначення видової належності передбачає аналіз особливостей будови і складу макромолекул та перебігу певних біохімічних реакцій. Так, особини одного виду мають спільну структуру ДНК, синтезують подібні білки. Але й біохімічний критерій є відносним. Так, для особин виду характерний білковий поліморфізм, чи в особин різних видів є однакові гени.

Географічний критерій пов'язаний з тим, що кожен вид займає певну територію або акваторію (ареал). Але у величезної кількості видів ареали або збігаються, або перекриваються. Крім того, існують види, що не мають чітких меж поширення, а також *види-космополіти* (ряска, кімнатна муха, рудий тарган), що мешкають на величезних просторах суходолу або Океану.

Екологічний критерій передбачає пристосованість до певних умов існування. Для кожного виду характерні певні умови середовища існування, що їх називають *екологічною нішею*. Так, жовтець їдкий росте на заплавах луків, а жовтець повзучий – по берегах річок. Однак, існують види, які не мають суворої екологічної приуроченості.

Критерії виду пов'язані між собою і визначають якісну особливість виду. Але жоден з них не є абсолютним. Лише в сукупності описані критерії дають змогу з достатньою надійністю встановити приналежність організму до того чи іншого виду.

Отже, види і належність особини до певного виду визначають за сукупністю ознак-критеріїв, які взаємно доповнюють один одного.

Чому в науці немає єдиного розуміння виду?

Універсального визначення виду немає, але у становленні цього поняття відіграли свою роль різні концепції. Найдавнішою і найпоширенішою є *морфологічна концепція*, згідно з якою видом є сукупність особин, які відрізняються від інших певними зовнішніми ознаками. Концепція не стала загальноприйнятою через те, що у природі особини одного виду можуть відрізнятися у випадках статевого диморфізму (наприклад, самці й самки індійського слона чи жуків-оленив), поліморфізму – наявності в межах популяції декількох груп особин, що відрізняються зовнішніми особливостями (наприклад, червона й чорна форми сонечка двокрапкового) тощо.

В основі *біологічної концепції виду* лежить поняття репродуктивної ізоляції і, відповідно, відсутність гібридів за умов проживання на одній території близьких видів. Але вона також є недосконалою, про що свідчать численні приклади гібридизації видів у природі та наявність гібридних зон між близькими видами. Найуживанішим у біології є визначення виду, сформульоване саме з позицій біологічної концепції виду. **БІОЛОГІЧНИЙ ВИД** (лат. *species*) – сукупність особин у складі популяцій, що характеризуються спадковою подібністю ознак, вільно схрещуються і дають плодюче потомство, пристосовані до певних умов життя і займають у природі певну територію – ареал.

Згідно з *політипічною концепцією* вид може охоплювати різні за способом життя і будови форми (підвиди, групи популяцій). Представники цих груп час від часу можуть схрещуватися і давати плідне потомство. Але в особин одного виду є спільний генофонд і вони захищені від проникнення генів інших видів певними бар'єрами ізоляції. Види, які не розділені на підвиди, називаються *монотипічними*. Найчастіше такими видами є *ендеміки* (наприклад, саламандра плямиста) чи *релікти* (наприклад, гатерія). Види, що складаються з двох і більше підвидів, називаються *політипічними*. Так, вид бурий ведмідь має 8 підвидів, а лисиця звичайна – аж 17.

Завдяки використанню молекулярно-біологічних і генетичних методів досліджень у систематиці став можливим бурхливий розвиток *філогенетичної концепції виду*, яка відображає еволюційні зв'язки між організмами і не акцентує увагу на репродуктивній ізоляції. Найбільшого значення набувають кладистичні методи й побудова кладограм, у яких для оцінювання еволюційних відносин використовуються лише унікальні для певного таксона ознаки.

Отже, різні погляди й концепції на поняття виду пов'язані зі складністю узагальнення вражаючого видового різноманіття та різноманітністю способів їхнього виникнення.

Які основні структурні одиниці виду?

У природі види ізолювані один від одного. Проте особини і одного виду всередині ареалу поширені нерівномірно. В його межах місця, сприятливі для їхнього існування, чергуються з ділянками, непридатними для їхнього життя. Через те всередині ареалу вид розпадається на дрібніші популяційні групи особин. **Популяція** – це сукупність особин одного виду, які упродовж багатьох поколінь існують у межах певної території виду, вільно схрещуються і відносно ізолювані від інших популяцій виду.

Вищою структурною одиницею в межах виду в рослин й тварин є підвиди, які можуть відрізнятися один від одного різними ознаками: зовнішнім виглядом, особливостями будови, поведінкою, фізіологічними функціями тощо (іл. 9). **Підвид** – географічно або екологічно відокремлена частина виду, особини якої під дією чинників середовища набули стійких особливостей, що відрізняють їх від інших підвидів. Наявність підвидів характерна тільки для політипічних видів, які мають великі ареали з різноманітними умовами.



Іл. 9. Підвиди виду плиска біла (*Motacilla alba*)

Отже, популяції і підвиди є формами існування біологічного виду, що забезпечують його пристосованість до конкретних умов існування в межах території ареалу.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Навчальний проект «СКЛАДАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДУ ЗА ВИДОВИМИ КРИТЕРІЯМИ»

Африканський та індійський (азійський) слони різняться настільки, що їх відносять до різних видів. Застосуйте знання про критерії виду та доведіть, що це

різні види. Використайте запропоновану таблицю та підготуйте для захисту навчальний проект, в якому наведіть характеристику обраного виду.

Таблиця. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІВ ЗА ВИДОВИМИ КРИТЕРІЯМИ

Критерій виду	Слон африканський	Слон індійський
1. Морфологічний		
2. Каріотипічний		
3. Фізіологічний		
4. Біохімічний		
5. Географічний		
6. Екологічний		

Завдання на застосування знань

Морський дракон рубіновий (*Phyllopteryx dewyseae*) – вид морських істот яскраво-червоного кольору з рожевими вертикальними штрихами, які живуть у морській воді на глибині 45 – 50 м. Проаналізуйте опис та спробуйте самостійно визначити місце цього виду в системі органічного світу.



«Ці організми характеризуються переважно полігеомними клітинами, сформованим ядром та наявністю мембранних органел. Одними з найголовніших ознак є гетеротрофність і здатність активно рухатись. Морфологічні особливості: наявність на певній стадії життя хорди, нервової трубки та зябрових щілин. Парні плавці цих морських істот не мають м'язистих лопатей біля основи. Різні види мешкають серед морських трав і тримаються у воді вертикально. Самці цих тварин прикріплюють ікринки до хвоста. Ще однією ознакою є зрослі щелепи і маленький трубкоподібний рот».



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Сільське господарство

У межах виду кукурудза культурна (*Zea mays*) в систематиці розрізняють дев'ять підвидів кукурудзи, серед яких виокремимо кременисту (*Z. mays indurata*), зубоподібну (*Z. mays indentata*), крохмалисту (*Z. mays amylacea*) та цукрову (*Z. mays saccharata*). За якими ознаками розрізняють ці підвиди кукурудзи? Визначте таксономічне положення кукурудзи в системі органічного світу та оцініть практичне й наукове значення цього виду.



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке критерії виду? 2. Назвіть основні критерії виду 3. Що таке біологічний вид? 4. Наведіть приклади видів. 5. Що таке популяція? 6. Що таке підвид?
7 – 9	7. Якими є критерії виду? 8. Чому в науці немає єдиного розуміння виду? 9. Назвіть основні структурні одиниці виду.
10 – 12	10. На конкретному прикладі складіть характеристику виду за видовими критеріями.

§ 7. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ. ВІРУСИ

Основні поняття й ключові терміни: Неклітинні форми життя. Віроїди. Пріони. ВІРУСИ.

Пригадайте! Що таке молекулярний рівень організації життя?



Поміркуйте!

На Землі є такі макромолекули й системи молекул, що перебувають на межі між неживою й живою природою. Вони, як і всі інші тіла неживої природи, утворені з атомів й простих молекул. А які ж ознаки поєднують їх із живою природою?



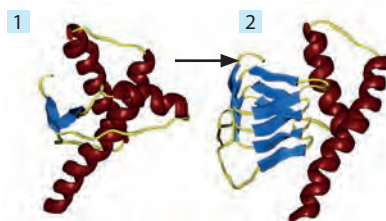
ЗМІСТ

Які особливості організації та функціонування неклітинних форм життя?

Неклітинні форми життя – це автономні структури на молекулярному рівні організації життя, до яких відносять віроїди, пріони та віруси. Спільними ознаками цих форм життя є: а) субмікроскопічні розміри; б) відсутність клітинної будови; в) внутрішньоклітинний паразитизм; в) здатність зберігати свої ознаки та змінюватися під впливом умов; г) здатність до самовідтворення.

Віроїди – неклітинні форми життя у вигляді одноланцюгової кільцеподібної РНК, що не кодує білків. Віроїди було відкрито в 1971 р. американським біологом Т. О. Дінером. Ці субмікроскопічні частинки захисної білкової оболонки не мають, їхня РНК містить 250 – 375 нуклеотидів і має масу від 86 – 130 кДа. Віроїди потрапляють у клітини-хазяїна під час його вегетативного розмноження, за допомогою комах або механічним шляхом у разі пошкодження. Віроїди можуть завдавати значних збитків рослинництву, оскільки спричиняють віроїдні захворювання (веретеноподібність бульб картоплі, карликовість хризантем, каданг-каданг кокосових пальм, хвороба жовтих плям рису та ін.).

Пріони – неклітинні форми життя, що є білковими частинками без нуклеїнової кислоти. Пріони складаються із особливого білка, який існує у вигляді двох форм: нормальний білок масою близько 25 400 а. о. м. та аномальний, що відрізняється вторинною структурою і здатний перетворювати нормальний білок на собі подібний (іл. 10). Особливостями пріонів є відсутність власного геному, висока стійкість до температури, ультрафіолету, радіації. Пріони не розпізнаються імунною системою як чужорідні білки й не провокують імунної відповіді. Відкрив пріони в 1982 р. американський біохімік С. Прузінер. На сьогодні пріони знайдено в клітинах бактерій, дріжджів й ссавців. Описано більше 10 не-



Іл. 10. Форма пріонів: 1 – нормальна форма білка; 2 – аномальна форма білка

безпечних пріонних хвороб тварин й людини (коров'ячий сказ, скрейпі овець, губчаста енцефалопатія котятих, фатальне сімейне безсоння, хвороба куру та ін.).

ВІРУСИ (лат. *virus* – отрута) – це неклітинні форми життя, які є внутрішньоклітинними абсолютними паразитами (іл. 11). Наразі близько 5 000 видів вірусів ідентифіковано, тоді як вчені вважають, що існує понад мільйон видів вірусів. Відкрито віруси в 1892 р. російським ботаніком Д. Івановським (1864–1920).

Розміри більшості вірусів у межах від 20 до 300 нм, хоча є серед них й справжні велетні серед неклітинних форм життя. Це мега- й мімівіруси з розмірами близько 600 нм.

Віруси мають *капсид* з білкових частинок – *капсомерів* і нуклеїнову кислоту – *серцевину*. Структуру, що містить нуклеїнову кислоту і капсид, називають *нуклеокапсидом*. Повністю сформована інфекційна вірусна частинка називається *віріоном*. Унікальна властивість вірусів – різноманітність організації генетичного матеріалу. Вірусна нуклеїнова кислота може бути представлена одно- або дволанцюговими молекулами ДНК (ДНК-вмісні віруси) чи РНК (РНК-вмісні віруси). Для вірусів характерна специфічність, що полягає в можливості взаємодії вірусів лише з певними рецепторами клітинних мембран.

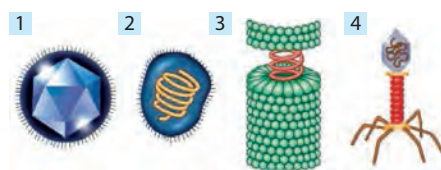
Віруси є внутрішньоклітинними паразитами архей, бактерій й еукаріотів і поза клітинами жодних ознак життя не виявляють. Для свого відтворення віруси використовують ресурси клітини-хазяїна, чим спричиняють вірусні захворювання. Основними систематичними одиницями для вірусів є порядок, родина, рід та вид. Категорії царства та відділів, бінарна номенклатура для вірусів не застосовуються.

Отже, неклітинні форми життя є складовою частиною біосфери, оскільки побудовані з органічних речовин, мають біотичні взаємовідносини, їм притаманні спадковість, мінливість, вони здатні до самовідтворення та ін.

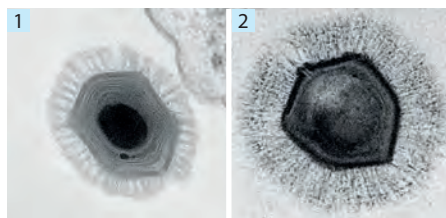
Яке походження вірусів?

Шляхи й механізми еволюції вірусів ще не достатньо вивчено. Існує декілька гіпотез походження вірусів: *гіпотеза регресивної еволюції* (віруси виникли шляхом спрощення клітин паразитичних бактерій), *гіпотеза паралельної еволюції* (віруси виникли незалежно від клітин, використовуючи їхні можливості), *гіпотеза «скажених генів»* (віруси – це «збігли» частини геному клітин-хазяїв).

Найбільші зміни у поглядах щодо походження вірусів сталися внаслідок відкриття велетенських вірусів, як-то мімівіруси, мамавіруси, мегавіруси та ін. (іл. 12). Мегавірус чілійський має найбільший з-поміж вірусів ДНК-геном, який налічує 1 259 197 пар нуклеотидів й містить інформацію про 1120 білків, що сумірно з багатьма паразитичними



Іл. 11. Вірусні частинки: 1 – герпеса; 2 – грипу; 3 – тютюнової мозаїки; 4 – бактеріофаг



Іл. 12. Одні з найбільших вірусів: 1 – мегавірус; 2 – мімівірус

бактеріями. У велетенських вірусів виявлено гени білків, що їх раніше ніколи не виявляли в жодного з вірусів. Але й це не все: у мамавірусів виявлено суперпаразити – вірофаги-супутники. І зовсім нещодавно, у квітні 2017 р., в журналі «Наука» було опубліковано повідомлення про новий велетенський вірус, що названий *Klosneuvirus* (KNV) на честь невеличкого містечка Клостернойбург в Австрії. Вірус містить майже повний набір із 19 ферментів-синтез для вбудовування 20 типів амінокислот у процесі біосинтезу білків.

Філогенетичні дослідження протеомів (усієї сукупності білків) нововідкритих велетенських вірусів можуть свідчити на користь гіпотези регресивної еволюції, згідно з якою віруси виникли від клітинних істот шляхом спрощення і є, таким чином, найдавнішими істотами на Землі. Або, можливо, велетенські віруси пішли від менших ДНК-вірусів шляхом поступового накопичення додаткових генів.

Порівняння геномів велетенських вірусів з аналогами в доменах Бактерій, Археїв та Еукаріотів свідчать на користь гіпотези про те, що віруси – це живі істоти, які можуть становити окремий домен органічного світу. Їх протеоми схожі на такі самі у багатьох бактерій, однак, у вірусів наявні білки, що їх немає у клітинних організмів, що свідчить про особливість їхньої еволюції.

Отже, на сучасному етапі розвитку науки не існує єдиного погляду щодо виникнення вірусів. Натомість поширені погляди, що різні віруси виникали незалежно на різних етапах розвитку життя на Землі.

Як віруси взаємодіють з клітинами?

Віруси не можуть самостійно поширюватись у природі, й допомагають їм у цьому насамперед живі організми: *комахи* (наприклад, попелиці переносять близько 160 різних арбовірусів), *кліщі*, *грунтові нематоди*, *рослини-паразити* (наприклад, повитиця переносить близько 50 вірусів рослин), *людина* (для вірусів грипу).

Шляхи проникнення вірусів до організму хазяїна бувають різними. Це: 1) *повітряно-краплинний шлях* (віруси грипу, вітряної віспи, кору); 2) *з їжею та водою* (вірус ящуру з молоком ураженої корови, гепатит А); 3) *крізь покриви тіла* (віруси герпесу, сказу, папіломи); 4) *під час переливання крові та хірургічних операцій* (вірус гепатиту В); 5) *статевим шляхом* (вірус герпесу, СНІДу); 6) *за участі переносників* (кліщів – вірус тайгового енцефаліту, комарів – вірус лихоманки Зіка); 7) *з пилом рослин* (віруси мозаїки картоплі).

Залежно від властивостей вірусу і клітини-хазяїна, а також умов середовища розрізняють такі основні типи взаємодії вірусів із клітиною: а) *продуктивна інфекція* – розмноження вірусу призводить до руйнування і загибелі клітини; б) *абортивна інфекція* – взаємодія, за якої клітини залишаються живими, а дозрілі віріони не утворюються; в) *вірогенія* – геном вірусу поєднується з генетичним апаратом клітини і під час поділу клітини може тривалий час передаватися дочірнім клітинам; через деякий час за певних умов починає розмножуватися і спричиняє загибель клітини.

Отже, взаємодії вірусів із клітинами мають різноманітний та складний характер.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Завдання на порівняння

За допомогою таблиці порівняйте неклітинні форми життя. Укажіть спільні й відмінні ознаки.

Таблиця. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКЛІТИННИХ ФОРМ ЖИТТЯ

Ознака	Віроїди	Пріони	Віруси
Відкриття			
Розміри			
Хімічний склад			
Особливості			
Хвороби			

Біологія + Медицина. «Вірусні захворювання»

Майже 95 % існуючих інфекційних захворювань спричиняють або віруси або бактерії. Бактеріальні хвороби сучасна медицина лікує ефективно за допомогою великої кількості різних антибіотиків. А ось з вірусними хворобами медицина поки що справитися не може. Нині описано понад 500 вірусів, що спричиняють інфекційні захворювання людини і тварин, серед яких найнебезпечнішими є *геморагічна лихоманка Ебола*, *геморагічна лихоманка Марбург*, *СНІД*, *близькосхідний респіраторний синдром (MERS)*, *важкий гострий респіраторний синдром (SARS)* та ін. Чим віруси відрізняються від бактерій? На вашу думку, чому сучасній медицині важко перемогти вірусні інфекції?



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Біорізноманіття. «Віруси вірусів»

У 2008 р. всередині мімівірусів, що паразитують у клітинах *акантамеби всеїдної (Acanthamoeba polyphaga)*, було відкрито паразити вірусів, що їх назвали вірофагами. Власний геном вірофагів є дивовижним: він містить гени, запозичені у мімівірусів, архей, бактеріофагів і вірусів еукаріотів. А чи можна їх використати для боротьби з вірусними інфекціями? Обґрунтуйте свої судження.



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке неклітинні форми життя? 2. Назвіть неклітинні форми життя. 3. Що таке віруси? 4. Наведіть приклади вірусів. 5. Назвіть гіпотези походження вірусів. 6. Назвіть основні типи взаємодії вірусів з клітинами.
7 – 9	7. Які особливості організації та функціонування неклітинних форм життя? 8. Яке походження вірусів? 9. Як віруси взаємодіють з клітинами?
10 – 12	10. Що є спільного й відмінного між вірусами, пріонами й віроїдами?

§ 8. РОЛЬ ВІРУСІВ У ПРИРОДІ Й ЖИТТІ ЛЮДИНИ

Основні поняття й ключові терміни: **ВІРУСИ. Біологічний метод боротьби зі шкідниками.**

Пригадайте! Що таке віруси?



Новини науки

Віруси є найчисленнішою й найрізноманітнішою формою життя на планеті Земля. Так, у 1 мл океанічної води лише вірусів-бактеріофагів міститься близько 5×10^7 . Віруси регулюють кількість мікроорганізмів і впливають таким чином на фотосинтез, колообіг речовин, процеси мінералізації у біосфері та ін. Як розмножуються і яка роль вірусів у біологічній еволюції?



ЗМІСТ

Які особливості життєвого циклу вірусів?

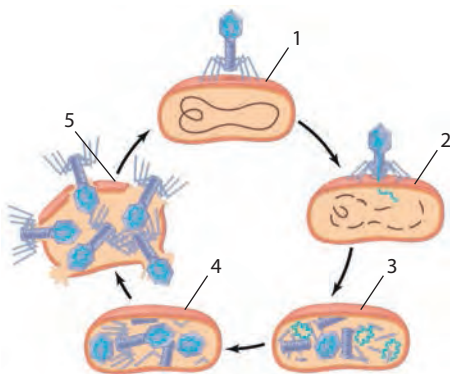
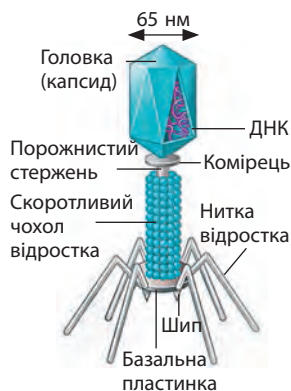
У життєвому циклі вірусів чергуються дві фази – позаклітинна (віріон) і внутрішньоклітинна (іл. 13). Фаза віріону характеризується відсутністю будь-яких проявів життя, а упродовж внутрішньоклітинної фази життєвого циклу виявляються властивості вірусів, що заковані в їхньому геномі, й відбувається їхнє відтворення. Незалежно від типу генетичного матеріалу віруси мають подібні загальні стадії життєвого циклу.

Адсорбція вірусів – це прикріплення віріонів до поверхневого апарату клітини-хазяїна. Між білками вірусів й рецепторами клітини виникають електростатичні взаємодії, що забезпечують тимчасове нестійке приєднання віріонів.

Проникнення в клітину в різних вірусів здійснюється різними шляхами: а) ендоцитозу (віропексису) з утворенням внутрішньоклітинних вакуолей; б) злиттям плазматичної мембрани з оболонкою вірусу; в) шляхом впорскування (наприклад, у бактеріофагів) тощо.

«Роздягання» вірусів у клітині забезпечує звільнення нуклеїнової кислоти вірусу від захисної білкової оболонки для наступної реалізації вірусного геному. У фагів цієї стадії немає, оскільки білкова оболонка залишається на поверхні бактеріальної клітини.

Відтворення компонентів вірусних частинок забезпечують три процеси: транскрипція, трансляція й реплікація. Транскрипція полягає в пе-



Іл. 13. Життєвий цикл фагів: 1 – адсорбція бактеріофага; 2 – впорскування ДНК в клітину; 3 – синтез вірусних ДНК й білків; 4 – збірка вірусних частинок; 5 – вихід з клітини

реписуванні інформації з вірусних ДНК чи РНК та утворенні іРНК, що відбувається в ядрі (нуклеїді). *Трансляцією* називається процес переведення інформації іРНК у послідовність амінокислот молекул білків. Відбувається трансляція на рибосомах за допомогою тРНК й ферментів. *Реплікація* – синтез молекул нуклеїнової кислоти, що каталізується переважно клітинними ферментами. Таким чином, відтворення вірусів відбувається відокремлено, неодноразово і в різних частинах клітини. Такий спосіб розмноження вірусів називають роз'єднаним (диз'юнктивним).

Збірка віріонів відбувається усередині клітин або шляхом відбруньковування в зовнішнє середовище. **Вихід вірусів** із клітин може супроводжуватися збереженням життєдіяльності клітини або її руйнуванням і загибеллю.

Отже, найзагальнішими особливостями життєвого циклу вірусів є наявність двох фаз, використання ресурсів клітини та роз'єднаний спосіб розмноження.

Яка роль вірусів в еволюції організмів?

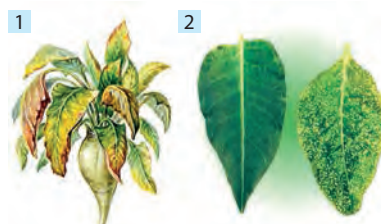
Все живе на Землі насичено різними вірусами, що свідчить про їхню необхідність у живій природі та їхні важливі функції у біосфері. Віруси відіграють ключову біологічну роль на всіх рівнях організації життя. Віруси визначають еволюцію організмів завдяки своїй патогенності, здатності до антагоністичних і симбіотичних відносин та участі в горизонтальному перенесенні генів.

Патогенні віруси є рушійною силою еволюції імунної системи. Кожен живий організм, від кишкової палички, хлорели, дріжджів до синього кита чи секвої, може інфікуватися принаймні одним, а зазвичай кількома вірусами. Вірусними захворюваннями рослин є *жовтяниця, мозаїчні хвороби, строкатолистість, готика* та ін. (іл. 14). У людини віруси спричиняють *гепатит В, простий герпес, папілому, натуральну віспу* (ДНК-вмісні вірусні інфекції), *грип, гепатит А, енцефаліт, кір, свинку, поліомієліт, сказ, СНІД* (РНК-вмісні вірусні інфекції) та ін. Найпоширенішими вірусними захворюваннями тварин є *ящур, чумка собак, чумка курей* та ін.

Вірусна інфекція є потужною силою, котра формує механізми захисту хазяїв. Наприклад, модифікації поверхні клітин з метою запобігання проникненню бактеріофага, система *CRISPR* бактерій та архей, гуморальний й клітинний імунітет людини тощо. У процесі еволюції віруси виробляють свої способи захисту від імунної системи. Наприклад, вони здатні блокувати роботу *NK*-кілерів, інтерферону, Т-лімфоцитів.

Завдяки патогенності *віруси регулюють чисельність своїх хазяїв* (наприклад, ДНК-віруси морських водоростей регулюють кількість бактерій) і впливають на фотосинтез Світового океану, колообіг Карбону і навіть на погоду. Так, біогенні сульфуровмісні гази вивільняються внаслідок того, що віруси вбивають певні види водоростей. Потім в атмосфері внаслідок окиснення утворюються кислотні краплинки, що слугують ядрами конденсації для хмар.

За допомогою вірусів відбувається *горизонтальне перенесення генів*, тобто передача генетичної інформації між особинами різних видів. Фрагменти ДНК ві-



Іл. 14. Жовтяниця буряка (1)
і мозаїка томатів (2)

русів багатьма видами організмів часто «приручаються» й починають виконувати корисні функції. Це явище настільки поширено, що науковці запропонували спеціальний термін – «молекулярне одомашнення». Так, *ендогенні ретровіруси*, що їх людина успадкувала мільйони років тому, здатні впливати на гени, які відповідають за функціонування плаценти. Ці віруси відіграють важливу роль в ембріогенезі, де допомагають боротьбі з інфекційними вірусами, у створенні нейронних мереж головного мозку людини тощо.

У процесі еволюції сформувалися не лише антагоністичні, а й *симбіотичні відносини вірусів* з іншими організмами. Так, мутуалізм вірусу й гриба дає змогу просу витримувати високі температури. Вірус виткого закручування тютюну збільшує плодovitість й тривалість життя комах-білокрилок у 12 та 6 разів відповідно, якщо вони живляться на заражених вірусом рослинах тютюну.

Отже, віруси є потужним еволюційним чинником, і кожна форма життя на Землі зазнавала і зазнає впливу вірусів у минулому й теперішньому часі.

Як віруси використовуються у біологічних методах боротьби зі шкідливими видами?

Біологічні методи боротьби – це використання вірусів, організмів або продуктів їхньої життєдіяльності для запобігання або зменшення шкоди, що її завдають шкідники. Метою біологічних методів боротьби є не повне винищення виду, а утримання його кількості на оптимальному рівні. Вперше біологічний метод боротьби з використанням вірусів застосували для боротьби з кроликами в Австралії. Популяцію цих тварин заразили вірусом міксоматозу. Хвороба швидко поширилась і призвела до загибелі 99,8 % кролів, що на певний термін знизило їхню чисельність. У кроликів, які вижили, сформувався імунітет проти міксоматозу. Для боротьби з цими тваринами дещо пізніше почали застосовувати вірус геморагічної лихоманки кролів.

Найчастіше використовують віруси для боротьби з комахами-шкідниками. Наприклад, представники бакуловірусів можуть спричиняти поліедрози і гранульози у таких комах, як непарний та кільчастий шовкопряди, американський білий метелик, соснова совка, пильщики та ін. Так, в Канаді, в провінції Онтаріо, для боротьби з ялиновим пильщиком використали вірусний препарат поліедрозу. Хвороба різко знизила чисельність шкідника, і було збережено великі площі лісів.

З метою збільшення патогеності вірусів у їхній генетичний матеріал вбудовують чужорідні гени. Наприклад, у геном вірусів поміщали ген отрути скорпіонів, гени гормонів, що порушують нормальний розвиток комах.

Отже, використання вірусів для боротьби з шкідниками є перспективним напрямком у застосуванні біологічних методів.



Іл. 15. Кільчастий шовкопряд:
1 – гусениці; 2 – дорослі комахи



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з таблицею

Віруси і бактерії – найменші об'єкти живої природи, які можна побачити лише за допомогою потужного мікроскопа. Заповніть таблицю і визначте відмінності між вірусами й бактеріями.

Таблиця. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІРУСІВ Й БАКТЕРІЙ

Ознаки	Віруси	Бактерії
Розміри		
Генетичний апарат		
Особливості будови		
Особливості життєдіяльності		
Особливості поведінки		
Розмноження		

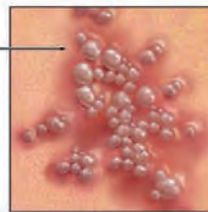
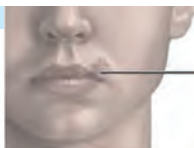
Біологія + Медицина. «Вірусні захворювання»

Розпізнайте на ілюстраціях за зовнішніми ознаками вірусні захворювання: 1 – кір; 2 – герпес. Підготуйте повідомлення про ці вірусні хвороби.

1



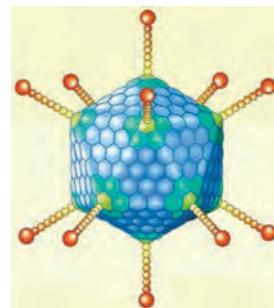
2



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Геометрія. «Ікосаедрична форма»

У багатьох видів вірусів (аденовіруси, віруси поліомієліту, герпесу, папіломи) віріони мають правильний багатогранний капсид у вигляді ікосаедра, всередині якого міститься нуклеїнова кислота. Що таке ікосаедр? Чому ікосаедрична форма є «вигідною» природною структурою?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке життєвий цикл вірусів? 2. Назвіть основні стадії життєвого циклу вірусів. 3. Наведіть приклади вірусних захворювань рослин, тварин й людини. 4. Які властивості вірусів визначають їхню роль в еволюції? 5. Що таке біологічний метод боротьби зі шкідниками? 6. Наведіть приклади використання вірусів для біологічної боротьби зі шкідниками
7 – 9	7. Які особливості життєвого циклу вірусів? 8. Яка роль вірусів в еволюції організмів? 9. Які віруси використовують у біологічному методі боротьби зі шкідниками?
10 – 12	10. Чим віруси відрізняються від бактерій?

§ 9. ПРОКАРІОТИЧНІ ОРГАНІЗМИ: АРХЕЇ

Основні поняття й ключові терміни: АРХЕЇ. Археї-екстремофіли.

Пригадайте! Хто такі прокаріоти?



Знайомтеся!

Карл Воуз (1928–2012) – американський біолог, поділив всі організми на домени Бактерії, Археї та Еукаріоти. До його досліджень живу природу поділяли на два надцарства – Прокаріоти та Еукаріоти. Філогенетичне дерево життя, збудоване Воузом, показує значну різноманітність світу мікроорганізмів.



ЗМІСТ

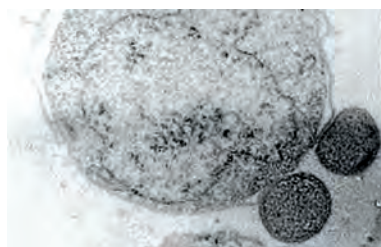
Які особливості відрізняють архей від бактерій та еукаріотів?

АРХЕЇ (Archaea) – прокаріотичні одноклітинні мікроорганізми з біохімічними особливостями, що відрізняють їх від бактерій та еукаріотів. Це найдавніші організми, предки яких з'явилися на Землі близько 3,8 млрд років тому. Розміри архей – від 0,4 до 15 мкм у діаметрі. Найменшими серед археїв є наноархеї (0,4 мкм), які паразитують в клітинах інших архей (іл. 16).

Археї були відкриті у 1977 році К. Воузом, який разом із своїм аспірантом Дж. Фоксом порівнював послідовності нуклеотидів у генах 16S-рРНК різних організмів. Одного разу вони виявили мікроорганізми, у яких нуклеотидні послідовності рРНК відрізнялися від рРНК бактерій і еукаріотів. Це стало однією із найважливіших наукових подій ХХ ст. Нова група отримала назву **АРХЕЇ** (від грец. археос – дуже давній) і новий таксономічний ранг – домен. Це відкриття стало основою для створення К. Воузом системи трьох доменів (1985), що була першою молекулярно-філогенетичною системою живої природи. У ній виокремлюють домени Археї, Бактерії та Еукаріоти. Відкриттю архей сприяв вдалий вибір об'єктів для молекулярно-філогенетичних досліджень. Гени рРНК є дуже консервативною частиною геному, вони не змінювали свою функцію понад 3 млрд років і наявні в усіх клітинних істот. Все це зробило їх чудовим маркером філогенетичних подій.

Археї мають свою незалежну еволюційну історію і характеризуються багатьма рідкісними властивостями, що відрізняють їх від бактерій та еукаріотів. Які ж це особливості?

1. *Геном* археїв представлений дволанцюговою ДНК у нуклеоїді та кільцевими плазмідами. Містить білки-гістони, унікальні інтрони, що відрізняються від еукаріотичних. Гени тРНК та рРНК археїв різняться між собою специфічним складом й послідовністю нуклеотидів.



Іл. 16. Наноархея (*Nanoarchaeum equitans*) і більша клітина-хазяїн археї ігнікокус (*Ignicoccus hospitalis*)

2. *Клітинна оболонка* архей не містить муреїну, в багатьох видів утворена поверхневими білками (так званий S-шар) та псевдомуреїном. Оболонка здійснює ефективний захист, і тому, можливо, археї ніколи не утворюють спор для існування за несприятливих умов, як то є у бактерій.
3. *Клітинні мембрани* різняться структурою й хімічним складом, що визначають їхню більшу стійкість за екстремальних умов існування. У археїв мембрани одношарові, утворені з особливих фітанолгліцеридів, а не фосфоліпідів, як в інших клітинних організмів.
4. *Рухи* забезпечуються *джгутиками*, відмінними від джгутиків бактерій: ростуть шляхом приєднання субодиниць флагеліну від основи, джерелом енергії для їхнього руху є АТФ тощо.
5. *Розмноження* нестатеве (бінарний поділ, множинний поділ, фрагментація й брунькування).
6. *Живлення* хемоавтотрофне й хемогетеротрофне з використанням найрізноманітніших джерел енергії: світла, органічних сполук, амоніаку, йонів металів, водню та ін. Археям притаманні унікальні метаболічні процеси: бактеріородопсиновий фотосинтез і метагенез.

Отже, археї є самостійним доменом живої природи і відрізняються від бактерій й еукаріотів низкою ознак на молекулярному рівні організації.

Які особливі процеси метаболізму характерні для архей?

На початкових етапах розвитку життя археї були домінуючими формами життя і відігравали ведучу роль у біологічній міграції елементів. У ті часи особливе значення мали процеси отримання енергії за умов високого вмісту молекулярного водню й відсутності кисню та органічних речовин. Ці процеси збереглися в архей до теперішнього часу.

Метагенез – процес отримання енергії у безкисневих умовах з утворенням метану. Серед метаногенних архей є автотрофні види, які здатні до фіксації вуглекислого газу, й гетеротрофні види, які продукують метан завдяки здатності до метанового бродіння. Автотрофним археям-метаногенам для життя достатньо водню, вуглекислого газу й води. Унікальна в живому світі реакція синтезу метану слугує для них джерелом енергії для синтезу власних органічних сполук:



Ці істоти можуть виживати навіть в умовах Марсу чи Венери. Близько 1,5 % Карбону, що бере участь у біосферному колообігу, проходить через стадію метану за участі метаногенних архей. Утворення метану відбувається на дні морів й прісних водойм, у болотах, ґрунтах тундри й рисових полів. Метаногени є внутрішньоклітинними симбіонтами деяких твариноподібних організмів, входять до складу кишкової мікрофлори, термітів, жуйних тварин, приматів й людини.

Бактеріородопсиновий фотосинтез відкритий у солелюбних архей-галофілів, які мають фіолетовий світлочутливий пігмент – бактеріородопсин. Галофіли існують за рахунок використання органічних сполук, вони можуть рости за наявності кисню й без нього. За відсутності кисню й наявності яскравого світла в них утворюються пурпурові фотомембрани, що містять пігмент, подібний до людського родопсину. За участі цього пігменту енергія світла перетворюється в енергію АТФ, що допомагає їм пережити періоди нестачі кисню. Галофільні археї

є основою екосистем з екстремальними умовами життя. Так, у водах Мертвого моря в складі бактеріальних матів виявлено 20 видів солелюбних архей. Там їхня кількість досягає десятків мільйонів клітин на 1 мл.

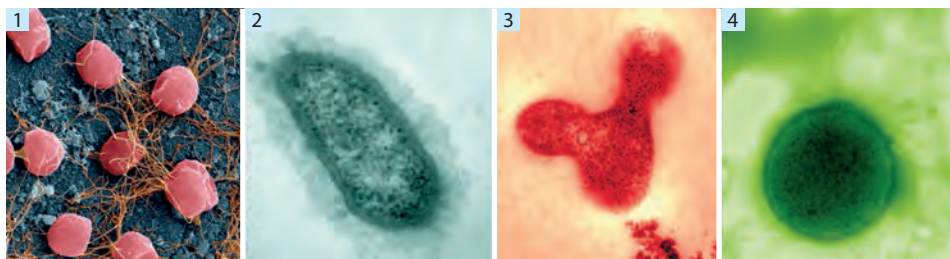
Отже, археї у наш час посідають у біосфері своєрідне місце, здійснюючи метаболічні процеси в умовах, недоступних для інших організмів.

Де поширені археї?

Археї поширені повсюдно – від гідротермальних джерел, кратерів вулканів, й дна Північного Льодовитого океану до травної системи людини й термітів. На сьогодні описано вже понад 50 видів археїв, адаптованих до найрізноманітніших умов. За оцінками вчених, археї у сучасній біосфері становлять близько 20 % від її загальної біомаси (іл. 17).

Відомо, що серед археїв є велика кількість **видів-екстремофілів**, які живуть за дуже високих температур, часто вище від 100 °C, як ті, котрих знайшли в гейзерах і чорних курцях (так звані археї-термофіли). Інших виявлено в надзвичайно солоному (археї-галофіли), кислому (археї-ацидофіли) або лужному (археї-алкалофіли) середовищі. Так, архея піролобус (*Pyrolobus fumarii*) живе біля підводних гідротермальних джерел, температура води яких +106 °C і pH 5,5. Вжити за таких умов вони можуть завдяки особливостям клітинних мембран та великій кількості нуклеотидних пар гуанін – цитозин, сполучених трьома водневими зв'язками. Ще одна архея метанопірус (*Methanopyrus kandleri*) існує за температури +122 °C. Архея термококус (*Thermococcus gammatolerans*) витримує впливи радіації, що перевищують летальну дозу для людини в 3 000 разів.

Серед археїв є й **види-мезофіли**, які живуть за звичайних умов водного чи ґрунтового середовища. Багато археїв є **симбіотрофними видами** різних організмів. Так, мутуалістичні метаногенні археї беруть участь у розщепленні целюлози в кишечнику термітів та жуйних тварин. Описано види архей-коменсалів, які живуть на шкірі, у травній системі людини.



Іл. 17. Представники архей: 1 – пірококус (*Pyrococcus furiosus*) – є джерелом ферментів у біотехнології; 2 – метанобревібактер (*Methanobrevibacter smithii*) з кишечника людини; 3 – фероплазма (*Ferroplasma acidophilum*), яка проживає за pH = 0; 4 – термококус, яка витримує великі дози радіації

Отже, археї поширені скрізь і займають екологічні ніші, що є важкодоступними для інших організмів.



ДІЯЛЬНІСТЬ

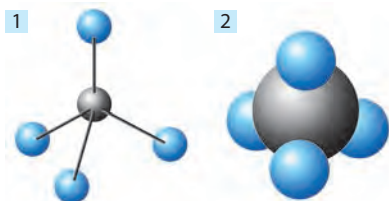
Самостійна робота з таблицею

Назвіть особливості будови й життєдіяльності архей та заповніть у робочому зошиті таблицю «Особливості організації та функціонування архей». Що є причиною особливостей організації архей?

Ознака	Особливості
Поверхневий апарат	
Цитоплазма	
Нуклеоїд	
Живлення	
Дихання	
Рух	
Розмноження	
Спороутворення	

Біологія + Хімія. «Метанове бродіння»

Метан (CH_4) – це газ без кольору й запаху, мало розчинний у воді, але добре розчинний в органічних розчинниках; майже вдвічі легший за повітря. У природі метан утворюється внаслідок гниття рослинних решток без доступу повітря, розкладу кам'яного вугілля під землею. Звідси походить його назва болотний або рудниковий газ. Метан є основою біогазу, що його отримують завдяки метановому бродінню. Що таке біогаз і метанове бродіння?



Іл. 18. Кулестержнева (1), масштабна (2) модель молекули метану



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Міфологія. «Класифікація архей»

У домені Археї виокремлюють вже 13 типів, серед яких найбільш дослідженими є Кренархеоти та Евріархеоти. У 2015 р. виділено тип Локіархеоти (за іменем скандинавського бога Локі) з представниками, що їх вважають перехідними формами між прокаріотами й еукаріотами. У 2016 р. був описаний ще один тип архей – Торархеоти на честь бога Тора. І, нарешті у 2017 р., описано типи Геймдальархеоти й Одінархеоти (на честь богів Геймдала й Одіна). Що це за скандинавські боги? Які особливості вирізняють групи архей між собою й слугують ознаками для класифікації архей?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі архей? 2. Наведіть приклади архей. 3. Що таке метагенез? 4. Що таке бактеріородопсиновий фотосинтез? 5. Хто такі архей-екстремофіли? 6. Наведіть приклади симбіозу серед архей.
7 – 9	7. Які особливості відрізняють архей від бактерій та еукаріотів? 8. Які особливі процеси метаболізму характерні для архей? 9. Де поширені архей?
10 – 12	10. Оцініть значення архей у біосфері.

§ 10. ПРОКАРІОТИЧНІ ОРГАНІЗМИ: БАКТЕРІЇ

Основні поняття й ключові терміни: БАКТЕРІЇ. Горизонтальне перенесення генів. Біоплівки. Відчуття кворуму.

Пригадайте! Хто такі прокаріоти?



Новини науки

В зразках води й ґрунту, взятих на території заводу з переробки пластикових пляшок, були знайдені бактерії невідомого раніше виду *ідеонела* (*Ideonella sakaiensis*). Ці бактерії для свого живлення використовують пластик, розкладаючи його на безпечні для природи компоненти. Науковці підраховали, що бактерії здатні розкласти пластиковий пакет із найпоширенішого пластика поліетилентерефталату всього за 6 тижнів. Цю властивість бактерії розвинули упродовж останнього десятиліття – це їхня відповідь на велику кількість нового типу їжі. Як відмічають мікробіологи, бактерії володіють вражаючою здатністю адаптуватися до навколишнього середовища.



ЗМІСТ

Чим бактерії відрізняються від архей?

БАКТЕРІЇ (*Bacteria*) – прокаріотичні одноклітинні мікроорганізми. В процесі еволюції бактерії адаптувались до життя у ґрунті, воді, повітрі, на поверхні й у всередині живих організмів. Бактерії є найчисельнішими й найпоширенішими організмами нашої планети. У них проста будова клітини, високі темпи розмноження, велика різноманітність типів й способів живлення, здатність впадати у анабіоз й утворювати спори для перенесення несприятливих умов, висока мінливість завдяки мобільним генетичним елементам та горизонтальному перенесенню генів, наявність механізмів захисту від вірусів та ін. На сучасному етапі відбувається переважно біохімічна еволюція, завдяки чому вони здатні опанувати нові екологічні ніші, виробляючи нові ферменти для засвоєння нових поживних речовин.

В сучасній системі органічного світу ці організми поєднані в домен Бактерії. Які ж найзагальніші особливості будови та життєдіяльності бактерій відрізняють їх від архей?

1. **Клітинна оболонка** бактеріальних клітин містить пептидоглікан (муреїн), що утворює жорстку решітку для захисту й опори, бере активну участь в обміні речовин, рості, розмноженні. За особливостями будови клітинної стінки бактерій поділяють на грампозитивні та грамнегативні.



Іл. 19. Схема будови клітинної оболонки грамнегативних (1) та грампозитивних (2) бактерій

2. Основою *клітинних мембран* бактерій є біліпідний шар та різноманітні за функціями білкові молекули. Дуже важливими для бактерій є такі функції мембран як транспорт речовин, перетворення енергії, синтез речовин, що відбуваються за участі внутрішньоклітинних впинань (фотомембрани, мезосоми).
3. Для бактерій характерна надзвичайна різноманітність типів живлення: *фотоавтотрофний* (ціанобактерії), *хемоавтотрофний* (залізобактерії, сіркобактерії), *фотогетеротрофний* (пурпурні бактерії), *хемогетеротрофний* (сапротрофні бактерії).
4. *Гени* бактеріальної клітини складаються із безперервно кодуючої послідовності нуклеотидів. Поділ на інтрони й екзони відсутній. Характерною ознакою бактерій є наявність у клітині, поряд з бактеріальною хромосомою, невеликих автономних плазмід.
5. Унікальними для бактерій процесами життєдіяльності є більшість типів бродиння, азотфіксація, бактеріохлорофільний безкисневий фотосинтез та ін.
6. У багатьох прокаріотів відбувається утворення *спор* для перенесення несприятливих умов, деякі здатні до інцистування для захисту й поширення

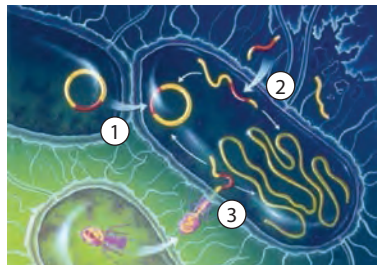
Отже, бактерії мають ряд відмінностей будови й життєдіяльності, що стало основою для їхнього виділення в окремий домен **БАКТЕРІЇ**.

Які способи розмноження та обміну спадковою інформацією у бактерій?

Найчастіше у бактерій спостерігається швидкий *бінарний поділ*, що за сприятливих умов відбувається в межах від 15 до 30 хв. Різновидом бінарного поділу є *брунькування*. На одному з полюсів материнської клітини утворюється брунька, яка збільшується, а потім відділяється. У деяких бактерій виявлено *множинний поділ*. Йому передують реплікація хромосоми і збільшення клітини, в якій далі відбувається кілька послідовних бінарних поділів з утворенням багатьох дрібних клітин.

Статеве розмноження у бактерій відсутнє, оскільки не утворюються гамети і не відбувається злиття клітин. Але найголовніша подія статевого відтворення, а саме обмін генетичним матеріалом, в наявності. Суттєву роль у цьому процесі відіграє горизонтальне перенесення генів між організмами різних видів.

Горизонтальне перенесення генів – процес, в якому організм передає генетичний матеріал іншому організму, який не є його нащадком. Серед архей та бактерій горизонтальне перенесення генів досить звичайне, навіть між віддаленими видами. Завдяки цьому явищу у доядерних організмів забезпечується комбінативна мінливість і здатність пристосовуватися до умов довкілля. Існують три загальні механізми горизонтальної передачі генів: трансформація, трансдукція й кон'югація. **Трансформація** (лат. *transformatio* – перетворення) – передача генетичного від донора до реципієнта за допомогою ізольованої ДНК. При трансформації не потрібен безпосередній контакт між клітиною-донором і клітиною-реципієнтом.



Іл. 20. Механізми горизонтального перенесення генів: 1 – кон'югація, 2 – трансформація; 3 – трансдукція

Кон'югація (лат. *conjugatio* – поєднання) – *передача генетичного матеріалу від клітини-донора в клітину-реципієнта при безпосередньому контакті клітин*. Необхідною умовою кон'югації є наявність в клітині-донорі плазмід. **Трансдукція** (від лат. *transductio* – переміщення) – *передача генетичного матеріалу від однієї клітини до іншої за допомогою вірусу*. Явище трансдукції відкрите американськими вченими Д. Ледербергом і Н. Циндером у 1952 році.

Отже, розмноження архей та бактерій відбувається нестатево, а визначальним процесом комбінативної мінливості є горизонтальне перенесення генів.

Як бактерії взаємодіють між собою та з іншими організмами?

Часто бактерії співпрацюють, формуючи біоплівки та змінюючи швидкість росту завдяки відчуттю кворуму. Ці взаємини можуть бути істотними для зростання всієї групи організмів. **Біоплівки (біофільми)** – *спільний слизований шар із зануреними у нього колоніями бактерій*. Біоплівки захищають їх від несприятливих умов середовища, а також забезпечують умови для обміну між окремими клітинами поживними речовинами, ДНК, ферментами, продуктами життєдіяльності тощо. Біоплівки утворюють спільне стабільне середовище існування бактерій, завдяки чому останні можуть виживати у дуже важких і малопридатних для інших організмів умовах. Перебуваючи в угрупованнях бактерії *спілкуються і координують свою поведінку за рахунок секреції молекулярних сигналів*. Це явище називається **відчуття кворуму**. Його вперше спостерігали у біолюмінесцентної бактерії (*Vibrio fischeri*), що живе як симбіонт у світлових органах-фотофорах одного з видів гавайських кальмарів.

Взаємозв'язки між бактеріями й іншими організмами можуть бути симбіотичними та антибіотичними. Пригадаємо, що найпоширенішими видами симбіозу є *мутуалізм, коменсалізм, паразитизм*. Прикладами мутуалістичних взаємовідносин у бактерій є: а) відносини між водневими анаеробними бактеріями, які споживають органічні кислоти і виробляють H_2 , та метаногенними археями, які його споживають; б) співіснування бульбочкових бактерій і коренів бобових рослин (бактеріориза); в) співіснування з організмом людини молочнокислих бактерій. Прикладом коменсалізму можуть бути відносини організму людини з біфідобактеріями й кишковою паличкою. Прикладом паразитизму є співіснування хвороботворних бактерій (чумна паличка, холерний вібріон, золотистий стафілокок, туберкульозна паличка) з організмом людини чи тварин.

Антибіозом є взаємовідносини, за яких спостерігається пригнічення розвитку або повне відмирання одних видів під впливом продуктів обміну, які утворюються іншим видом. Найчастіше ці продукти називають антибіотиками. Так, Луї Пастер ще в 1877 році описав конкуренцію бактерій ґрунту і бактерій – збудників сибірської язви. Є серед бактерій і справжні хижаки. Такими є бактерії бделовібріони, тератобактери, диктіобактери та ін.

Отже, взаємовідносини між бактеріями й організмами в різних угрупованнях є складними, динамічними й залежними від змін умов середовища.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з таблицею

За допомогою таблиці на конкретних прикладах (галоквадратум та кишкова паличка) порівняйте архей та бактерій. Сформулюйте висновок про причини подібності та відмінностей.

Ознака	Археї	Бактерії
Кількість видів		
Клітинна оболонка		
Клітинні мембрани		
Живлення		
Особливості геному		
Утворення спор		



Біологія + Математика. «Розмноження бактерій»

Розгляньте ситуацію, коли одна прокаріотична клітина перебуває в оптимальних умовах й без перешкод розмножується. Скільки клітин буде у модельній популяції через 10 поколінь, якщо поділ клітин відбувається через кожні 20 хвилин? Заповніть таблицю і побудуйте графік росту популяції (на горизонтальній вісі – час, на вертикальній – кількість клітин). Запишіть математичний вираз, що відображає закономірність росту популяції.

Час (хв)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Кількість бактерій											



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Медицина. «Мікробіом людини»

Мікробіом людини. Завдяки проекту «Мікробіом людини» складений список корисних бактерій, що існують в організмі людини, серед яких виділяємо біфідобактерії (*Bifidobacterium longum*) та лактобактерії (*Lactobacillus Johnsonii*). У чому користь цих бактерій для організму людини?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі археї? 2. Наведіть приклади архей. 3. Назвіть способи розмноження прокаріотів. 4. Що таке горизонтальне перенесення генів? 5. Що таке біоплівки? 6. Наведіть приклади симбіозу й антибіозу між бактеріями й іншими організмами.
7 – 9	7. Які особливості відрізняють архей від бактерій та еукаріотів? 8. Які способи розмноження та обміну спадковою інформацією у бактерій? 9. Як бактерії взаємодіють між собою та з іншими організмами?
10 – 12	10. Оцініть позитивне й негативне значення бактерій для організму людини.

§ 11. ЕУКАРІОТИ

Основні поняття й ключові терміни: ЕУКАРІОТИ. Система еукаріотичних організмів.

Пригадайте! Хто такі еукаріоти?



Новини науки

Нещодавно на глибині близько 3 км в безпосередній близькості до гідротермального курця Замок Локі відкрито новий тип архей, названих на честь скандинавського бога бешкету і обману. У геномі локіархеот є подібні до еукаріотичних гени, що кодують білки, відповідальні за зміну форми клітини, везикулярний транспорт, діяльність цитоскелету тощо. Таким чином, локіархеоти виявилися найбільш вірогідними кандидатами на роль предків еукаріотичних організмів.

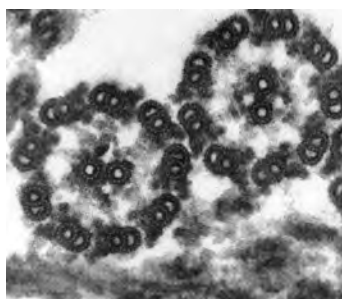


ЗМІСТ

Які ознаки еукаріотичних організмів відрізняють їх від архей та бактерій?

ЕУКАРІОТИ (грец. *eu* – добре, *каріон* – ядро) – це домен одноклітинних, колоніальних та багатоклітинних організмів, що характеризуються наявністю ядра та мембранних органел. Це найрізноманітніша група організмів, яка домінує в більшості сучасних екосистем, за виключенням анаеробних зон. Загальними ознаками еукаріотів є:

- Наявність ядра й більш досконалої системи регуляції генома. Цитоплазма із процесами активного метаболізму відділилась від ділянки збереження й переписування спадкової інформації. Завдяки цьому різко зросла адаптивність еукаріот до змінних умов середовища без внесення спадкових змін у геном.
- Наявність хромосом, що складаються з лінійної макромолекули ДНК та білків-гістонів. З появою хромосом у еукаріотів пов'язане виникнення статевого розмноження з його можливостями комбінаційної мінливості.
- Мозаїчний принцип організації білкових генів. Власне кодуюча частина таких генів представлена послідовністю окремих змістовних ділянок – екзонів, розділених беззмістовними інтронами.
- Клітинні мембрани завжди двошарові, У мембранах розрізняють біліпідний шар із фосфоліпідів та різні за розташуванням й функціями білки.
- Наявність органел із власним генетичним апаратом – мітохондрій та пластид, що мають ендосимбіотичне походження і можуть розрізнятися за будовою.



Іл. 21. Поперечний розріз еукаріотичних джгутиків

- Складна структура джгутиків, у яких виділяють аксонему (дві центральні мікротрубочки і девять пар пов'язаних мікротрубочок «9+2») та мембрану.
- Наявність ендоцитозу – транспорт речовин в клітину з утворенням мембранних міхурців – везикул. Наявний в клітинах, позбавлених клітинної оболонки.
- Складніші реакції та процеси життєдіяльності, як то процесинг, кросинговер, мітоз й мейоз та ін.

Отже, до еукаріотів відносять організми із складнішою організацією клітин та процесів життєдіяльності.

Які основні етапи походження еукаріотів?

Еукаріоти виникли 1,5–2 млрд. років тому і мають монофілетичне походження від якоїсь групи організмів. На початку 2012 року С. Чжао із співавторами повідомили про відкриття можливого загального предка еукаріотів. Ним виявився морський одноклітинний джгутиконосець колодіктіон (*Collodictyon triciliatum*). Але це відкриття все ж таки не дає відповіді про витоки у походженні домена Еукаріоти.



Іл. 22. Колодіктіон із захопленою колонією зелених водоростей

Порівняння будови ДНК й організації генома свідчать про те, еукаріоти значно ближчі до архей, аніж до бактерій. Про це свідчать такі ознаки, як: наявність білків-гістонів в геномі, перервана організація структурних генів, світлочутливий білок родопсин та ін. Але у структурі еукаріотичної клітини є й ознаки бактеріальних організмів. Це кільцева ДНК, рибосоми 70S, переважання фосфоліпідів у мембранах тощо.

Синтетична теорія походження еукаріотів сформувалася на початку XXI ст. на основі синтезу *автогенетичної гіпотези* походження ядра та більшості одномембранних клітинних органел та *ендосимбіотичної гіпотези* походження мітохондрій та пластид. Які ж основні етапи виникнення еукаріот згідно із цією теорією?

1. Утворення в прокаріотичній клітині внутрішніх впинань клітинної мембрани, що привели до утворення ядра, ЕПС, комплексу Гольджі, травних вakuоль, лізосом.
2. Завдяки горизонтальному перенесенню генів у примітивних еукаріотів формуються мікротрубочки та виникає цитоскелет, джгутики, веретено поділу.
3. Шляхом ендосимбіозу еукаріотичної клітини з аеробними бактеріями формуються мітохондрії з дископодібними кристами.
4. Поява еукаріотів, у яких формуються мітохондрії з трубчастими кристами та мітохондрії з пластинчастими кристами.
5. Симбіоз гетеротрофної еукаріотичної клітини з ціанобактерією та утворення еукаріотів з двомембранними пластидами, що отримали назву первинно-симбіотичних. Від цих організмів походять рослини.
6. Дивергенція гетеротрофних клітин за типами живлення зумовила появу еукаріотів з осмотрофним (гриби) та еукаріотів з фаготрофним (тварини) живленням.

Отже, поява еукаріотів відображає загальну прогресивну спрямованість біологічної еволюції, що втілюється у збільшенні біорізноманіття та підвищенні стійкості біосистем.

Чому сучасна система еукаріотичних організмів є філогенетичною?

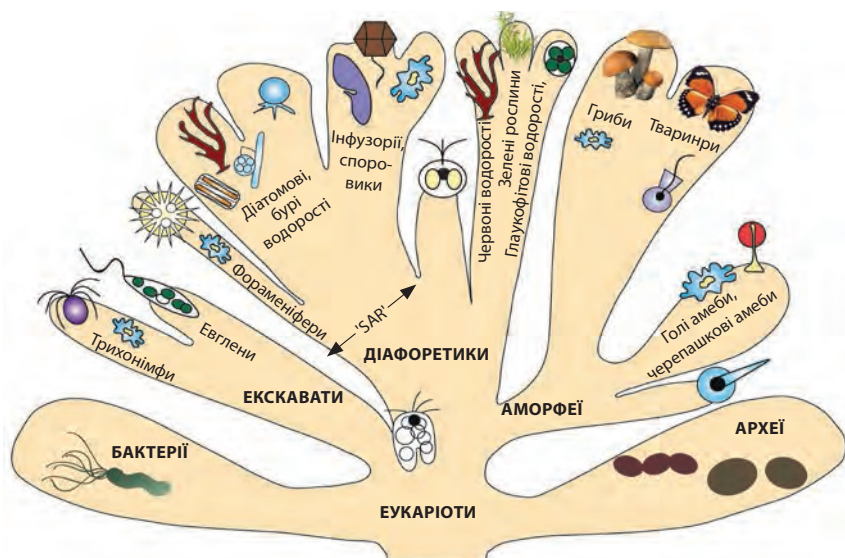
Система еукаріотичних організмів – ієрархічна упорядкована сукупність груп, що поєднує еукаріотичні організми на основі комплексу критеріїв. Визначальними критеріями сучасної системи еукаріотів є **молекулярно-філогенетичний** (подібність послідовностей нуклеотидів в генах, що вибрані в якості маркерів філогенеза) та оновлений **цитологічний** (найбільш інформативними вважаються кількість та розташування джгутиків, форма мітохондріальних крист, структура цитоскелета, види хлоропластів за особливостями виникнення). Найбільший внесок в оформлення сучасної системи еукаріотів зробила група науковців під керівництвом С. Едла. За сучасними уявленнями в межах домену Еукаріоти виділяють групи Екскавати, Діафоретики та Аморфеї.

Екскавати (від гр. *екс* – зовнішній, *кава* – борозна) – група найдавніших й найпримітивніших еукаріотичних одноклітинних організмів. Найзагальнішими ознаками є: ротова борозна, через яку поглинається їжа, кількість джгутиків, як правило більша двох, мітохондрії спрощені або з дископодібними кристами. До групи Екскавати належать вільноживучі (евглени), паразитичні (лейшманії, трипаносоми) та мутуалістичні (трихоніми) форми.

Діафоретики (від гр. *діафоретикос* – різноманітні) – одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми, у яких упродовж життєвого циклу є клітини з двома джгутиками. Серед найвідоміших представників групи Рослини, Зелені водорості, Глаукофітові водорості, Червоні водорості, Бурі водорості, Форамініфери, Радіоларії, Споровики.

Аморфеї (від. гр. *аморфеос* – безформенні) – одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми, у яких упродовж життєвого циклу є амебоїдні клітини або клітини з одним джгутиком. До групи належать Тварини, Гриби, черепашкові амеби.

Запропонована система ще не завершена, але в ній відображена спорідненість основних груп еукаріотів, що доведена дослідженнями їхніх геномів та клітинної будови.



Іл. 23. Сучасна система еукаріотів (за С. Едлом, 2012)

Отже, сучасна система еукаріотичних організмів є молекулярно-філогенетичною, що класифікує організми за єдністю походження, а не за типом живлення чи рівнів організації.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з таблицею

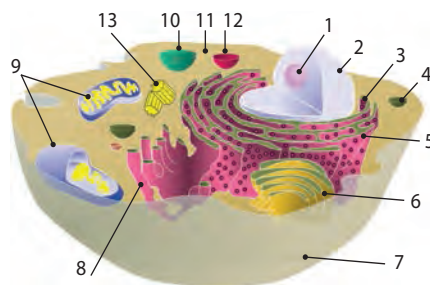
За допомогою таблиці порівняйте прокаріотів з еукаріотами. Зробіть висновок про причини подібності й відмінностей.

Самостійна робота з ілюстрацією

Розпізнайте та зіставте назви структур еукаріотичної клітини з їхніми позначеннями на ілюстрації. Правильна відповідність дасть Вам назву методу визначення послідовностей нуклеотидів у геномі організмів, що розробив двократний лауреат Нобелівської премії Ф.Сенгер (нар.1918)

Структури еукаріотичної клітини: А – мітохондрії; В₁ – міхурець-везикула; В₂ – гладка ЕПС; Е₁ – ядро; Е₂ – шорстка ЕПС; К – рибосома; Н₁ – комплекс Гольджі; Н₂ – вакуоля; Н₃ – гіалоплазма; С – ядерце; У – клітинна мембрана; Я – лізосома.

Ознака	Прокаріоти	Еукаріоти
Організми		
Генетичний матеріал		
Органели		
Цитоскелет		
Ендоцитоз		
Структура джгутиків		
Поділ клітин		



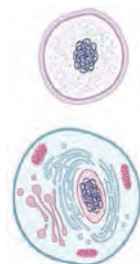
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Геометрія. «Закон квадрата-куба»

Об'єм і поверхня еукаріотичних клітин в десятки й сотні разів перевищують об'єми й площу клітин прокаріотів. А більший об'єм еукаріотичних клітин, згідно із законами геометрії вимагає значного збільшення поверхні їхніх мембран. В чому суть закону квадрата-куба, що був вперше сформульований Г. Галілеєм ще у 1638 році? Застосуйте знання закону і поясніть, чому еукаріотичні клітини мають добре розвинені мембранні структури?



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі еукаріоти? 2. Назвіть найзагальніші ознаки еукаріотів. 3. Назвіть гіпотези, що пояснюють походження еукаріотів. 4. Від кого походять еукаріоти? 5. Що таке система еукаріотів? 6. Назвіть основні групи еукаріотів
7 – 9	7. Які ознаки еукаріотичних організмів відрізняють їх від архей та бактерій? 8. Які основні етапи походження еукаріотів? 9. Чому сучасна система еукаріотичних організмів є філогенетичною?
10 – 12	10. Якими є сучасні погляди на систему еукаріотичних організмів?

Гриби – це «професія», яку багаторазово й незалежно один від одного обирали представники різних гілок дерева життя.
З підручника «Загальна мікологія»

§ 12. ГРИБИ

Основні поняття й ключові терміни: ГРИБИ. Осмогетеротрофне живлення.

Пригадайте! Хто такі гетеротрофи?



Поміркуйте!

Перед вами чудернацький гриб *гіднелум Пека* (*Hydnellum peckii*), або «кровоточивий зуб», що зустрічається у хвойних лісах Європи й Північної Америки. Його тіло виділяє рідину червоного кольору для приваблювання комах, яких організм використовує для живлення. Чому це гриб, а не рослина чи тварина?



ЗМІСТ

Які особливості організації та функціонування грибів?

Термін «гриби» (так само як і «рослини» чи «тварини») описує певний спосіб життя й зумовлені ним особливості будови й життєдіяльності.

Гриби є еукаріотичними організмами, клітини яких мають ряд особливостей: 1) структурним компонентом каркасу клітинних оболонок є полісахарид *глюкан*, а поперечні містки між його молекулами утворює *хітин* (переважно у справжніх грибів) чи *целюлоза* (переважно у несправжніх грибів); 2) органелами руху грибів можуть бути *джгутики* (справжні гриби) або *псевдоподії* (слизивици); 3) клітини багатьох грибів містять *невеликі вакуолі*, які є вмістилищем запасних поживних речовин та токсичних продуктів метаболізму; 4) у грибів є розвинені *секреторні міхурці (везикули)*, що відповідають за транспортування та виділення



Іл. 24. Незвичні види грибів: 1 – фуліго гнильний; 2 – герацій гребінчастий; 3 – клаварія біло-бура; 4 – решіточник червоний; 5 – ентомола блакитна; 6 – ганодерма блискуча

за межі цитоплазми різних сполук; 5) запасують гриби *глікоген* (справжні гриби) або *міколамінarin* (несправжні гриби), кінцевим продуктом обміну білків є *сечовина*.

Усіх грибів, незалежно від походження, об'єднує осмогетеротрофний спосіб живлення, тобто живлення готовими органічними речовинами, що поглинаються всією поверхнею тіла. Гриби поглинають органіку разом з необхідними мінеральними сполуками усією поверхнею грибниці. Усі ділянки міцелію відділені від середовища лише клітинною оболонкою з хітину або целюлози й плазматичною мембраною, ніяких відмерлих клітин, як у корі коренів рослин, немає. У субстраті органічні речовини перебувають досить часто у вигляді складних речовин, тому гриби секретують назовні ферменти-гідролази, які їх розщеплюють та здійснюють зовнішнє травлення.

При осмогетеротрофному живленні надходження поживних речовин до клітини залежить від площі її поверхні. Тому в ході еволюції у грибів збільшується площа тіла. Гриби «прагнули» її збільшити, не змінюючи при цьому об'єму свого тіла. Вегетативне тіло переважної більшості грибів являє розгалужену систему ниток (гіфів), яка називається грибницею (міцелій). Гіфи грибів дуже швидко й необмежено ростуть. Окремий гриб може за 24 години утворити грибницю довжиною в 1 км. Такий швидкий ріст компенсує відсутність активного переміщення на рівні організмів. За такої структури гриби перейшли до розмноження й розселення за участю дуже різноманітних спор. Живлячись усією своєю поверхнею, переважна більшість грибів розвивається всередині ґрунту, мертвої органіки або живого організму. Оскільки тіло грибів перебуває у субстраті, спороносні органи утворюються над субстратом і досить часто з утворенням плодових тіл.

Отже, у широкому розумінні **ГРИБИ** (*Fungi sensu lato*) – безхлорофільні еукаріотичні гетеротрофні організми, які мають, зазвичай, грибницю, здатні до осмогетеротрофного живлення, необмеженого росту та розмножуються за допомогою спор.

Чим зумовлена різноманітність і поширення грибів?

Гриби – це одна із найдавніших, найбільших та найрізноманітніших груп еукаріотичних організмів. Найдавніші палеонтологічні знахідки грибів виявлено у вулканічних породах віком 2,4 млрд років. Відкриття було здійснене при бурінні 900-метрової товщі давніх базальтів на території ПАР. З часом гриби стали невід'ємною частиною всіх водних та наземних екосистем. Гриби зустрічаються на всіх континентах земної кулі і навіть в Антарктиді.

Більшість грибів живуть у ґрунтовому та наземному середовищі, паразитують у живих організмах. Поширені гриби й у найдавнішому водному середовищі життя. **Водні гриби** (псатірела, сапролегнія, фіалоцефала) розкладають органічні рештки, паразитують на рослинах й тваринах й вступають у симбіотичні відносини з іншими організмами.

Гриби з дуже багатим арсеналом травних ферментів здатні руйнувати будь-які



Іл. 25. Псатірела водяна – водний шапинковий гриб

матеріали, що містять органічні речовини, особливо в умовах тепла й вологи. Металеві велетні техніки, витончені механізми з пластику, фотоплівка, ізоляція кабелів, реактивне паливо, штучні тканини, фарби, оптичне скло приладів – ці реальні втілення людського інтелекту виявляються безсилими перед мешканцями грибного царства. За способом живлення гриби поділяють на сапротрофні, паразитичні, мутуалістичні та хижі. **Сапротрофні гриби** є найважливішими редуцентами органічної речовини та ґрунтоутворювачами на планеті. **Паразитичні гриби** взаємодіють майже з усіма еукаріотами: зокрема, фітопатогенні гриби паразитують на рослинах, зоопатогенні – на тваринах, включно з людиною, а мікофільні – на інших видах грибів. **Мутуалістичні гриби** утворюють взаємовигідні стосунки з іншими організмами: мікоризоутворювачі – з корінням судинних рослин, амброзієві гриби – з мурашками та термітами. Існують **хижі гриби**, які ловлять нематод, сплітаючи хитромудрі пастки, з яких ті не в змозі вибратися (наприклад, артроботріс, зоопагус).

Іншою особливістю, що забезпечує поширення та різноманітність грибів, є різноманітність способів розмноження й зміни генетичного матеріалу. Найпоширенішим способом розмноження грибів є *розмноження спорами*. Їх поділяють на спори нестатевого розмноження й спори статевого розмноження, або як їх називають в мікології – мітотичними й мейотичними спорами. **Мітоспори** – це спори, які утворюються в результаті відособлення фрагментів, генетично ідентичних з вегетативним тілом. Їх ядра утворюються в ході мітотичного поділу звичайних ядер. За способом утворення їх умовно поділяють на спорангіоспори та конідії, а за рухливістю – на рухливі зооспори та нерухливі апланоспори. **Мейоспори** – це спори, які утворюються в результаті відособлення фрагментів тіла, утворених в результаті генетичної рекомбінації. Їх ядра утворюються в ході мейотичного поділу зиготних ядер і не ідентичні зі звичайними ядрами. За способом утворення виокремлюють три типи мейоспор: зигоспори, аскоспори та базидіоспори. Спори грибів мають малі розміри і, зазвичай, розносяться вітром, в окремих видів вони можуть поширюватися водою або тваринами. Спор утворюється величезна кількість (наприклад, печериця за 2 доби утворює 2 млрд спор, тіло трутовика – 10 млрд спор щорічно). Спори можуть утворюватись у спорангіях (ендогенні спори) та відокремлюючись від спеціалізованих гіф (екзогенні спори).

Вегетативне розмноження грибів здійснюється частинами міцелію, брунькуванням.

Статеве розмноження – дуже складне й має тенденцію до зникнення. Основою *статевого розмноження* грибів є три типи генетичної рекомбінації: 1) пресекуальний процес – це обмін плазмідами без генетичної модифікації взаємодіючих особин (наприклад, у слизовиків); 2) парасексуальний процес – це обмін ядрами без їхнього злиття й мейотичного поділу (наприклад, у аспергіла чи пеніциліума); 3) статевий процес з утворенням стійкого диплоїдного ядра та поділом шляхом мейозу (у більшості грибів).

Отже, визначальними для поширення й різноманітності особливостями грибів є різноманітність їхніх способів живлення та розмноження.



ДІЯЛЬНІСТЬ

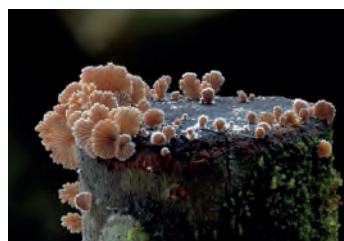
Навчаємось пізнавати

Визначте значення названих особливостей будови грибів для забезпечення їхнього поширення й різноманіття. Заповніть у робочому зошиті таблицю та сформулюйте висновок.

Ознака	Значення
Веgetативне тіло – грибниця	
Наявність клітинної оболонки	
Розвинений везикулярний транспорт	
Осмогетеротрофне живлення	
Необмежений швидкий ріст	
Розмноження спорами	

Біологія + Астрономія. «Антарктичні гриби»

Два види антарктичних грибів з роду Хріоміцес (*Cryomyces antarcticus* і *Cryomyces minteri*) змогли на міжнародній космічній станції вижити в кліматичних умовах, близьких до марсіанських. Ці гриби були зібрані в долині Мак-Мердо, що вважається найсухішим районом Антарктиди. Гриби пробули в умовах Марса 18 місяців. У результаті чого 60 % клітин залишилися неушкодженими, а ДНК – нормально функціуючою. А якими є умови життя на Марсі? Які особливості грибів забезпечують їхнє виживання в екстремальних умовах?



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Екологія. «Гриби-редуценти»

Сапротрофні гриби й бактерії разом утворюють групу редуцентів, без яких колообіг речовин у біосфері неможливий. Особливо важливими є ті гриби, які секретують фермент целюлазу, що розщеплює целюлозу клітинних оболонок рослин. Хто такі редуценти? Оцініть їхнє значення для існування біосфери.



РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі гриби? 2. Назвіть особливості клітин грибів. 3. Наведіть приклади грибів. 4. Назвіть середовища існування грибів. 5. Назвіть основні групи грибів за способом живлення. 6. Назвіть основні способи розмноження грибів
7 – 9	7. Які особливості організації грибів? 8. Які особливості функціонування грибів? 9. Чим зумовлена різноманітність і поширення грибів?
10 – 12	10. Яке значення грибів у біосфері?

§ 13. РІЗНОМАНІТНІСТЬ ГРИБІВ

Основні поняття й ключові терміни: **Несправжні гриби. Слизовики. Справжні гриби.**

Пригадайте! Хто такі гриби?



Поміркуйте!

В чому подібність між отруйним червоним мухомором (1), зеленою пліснявою на хлібі (2), пекарськими дріжджами (3) та трутовиком справжнім (4) на дереві?



ЗМІСТ

Які організми належать до грибоподібних?

На Землі існує понад 1 500 000 видів грибів, проте лише 5 % з них описані вченими. Щороку відкриваються сотні нових видів. Як показали молекулярно-філогенетичні дослідження кінця початку XXI століття різні групи грибів мають різне походження і систематизувати усе їхнє різноманіття важко. В наукових колах досі точаться запеклі суперечки, які пропонують різні підходи для класифікації. У традиційному, або широкому розумінні (*Fungi sensu lato*) група ГРИБИ поєднує справжні гриби, несправжні гриби і слизовики. Досить часто несправжні гриби й слизовики розглядають як грибоподібні організми.

Несправжні гриби – це група грибів, у яких клітинна оболонка з целюлози, за-
пасують міколамінarin, мають два або
один джгутик і мітохондрії з трубчастими
кристами. Зо новітньою системою не-
сравжні гриби утворюють кілька груп у
складі групи Хромальвеолати. Представ-
никами несравжних грибів є лабіринту-
ли, сапролегнія, фітофтора, плазмодара,
гіфохитріум та ін. Найвідомішими із них
є фітофтора та сапролегнія. *Фітофтора*

(*Phytophthora infestans*) викликає серйозне захворювання картоплі, відомого як
фітофтороз. Гриб також може інфікувати помідори і деякі інші види пасльонових.
Фітофтороз був головним винуватцем у Великого голоду в Ірландії (1845) і
картопляного голоду в Шотландії (1846). *Сапролегнія паразитарна* (*Saprolegnia*
parasitica) спричиняє інфекційне захворювання акваріумних риб чи їхньої ікри.

Слизовики – група грибів, у яких спороносні структури дуже нагадують
плодові тіла грибів, фаготрофний спосіб живлення, рухливість на вегетатив-
ній стадії розвитку, відсутність клітинної оболонки. Різні групи слизовиків на-
лежать до груп Амебозої, Різарії та Екскавати. Вегетативне тіло слизовиків має



Іл. 26. Несправжні гриби-паразити:

- 1 – фітофтора у картоплі;
- 2 – сапролегнія на рибі

вигляд багатоядерної рухливої цитоплазматичної маси – *плазмодія*, розміри якого від кількох міліметрів до декількох десятків сантиметрів. Плазмодії містять пігменти, які надають їм різноманітного забарвлення. Джерелом їжі є бактерії, клітини грибів та найпростіші. В природі слизивики є активними бактеріофагами, відіграють значну роль в регуляції бактеріальної флори ґрунтів, є збудниками захворювань культурних рослин (наприклад, *плазмодіофора* є збудником кіли капусти, *спонгоспора* – парші картоплі).



Іл. 27. Слизивики: 1 – лікогала деревна; 2 – стемонітіс

Отже, грибоподібними організмами є представники несправжніх грибів та слизивиків.

Які особливості та різноманітність справжніх грибів?

Справжні гриби – це група грибів, більшість з яких утворює міцелій, клітинна оболонка містить хітин, запасують глікоген, мають один задній джгутик або втратили його і мітохондрії з пластинчастими кристами. У справжніх грибів тригеномні клітини, в яких представлені ядерний та мітохондріальний геноми, а розміри самого генома значно менші, ніж у тварин. Окрім того, спадковість грибів досить часто пов'язана і з плазмідами мітохондрій чи цитоплазми. Ядер в грибниці багато, що забезпечує захист від мутацій та багаторазове посилення активності окремих генів. До складу клітинних оболонок багатьох грибів входять меланіни, які захищають від ферментного розщеплення, ультрафіолетового випромінювання та висихання. Диференційовані тканини та вегетативні органи в тілі грибів чітко не виражені.

Справжні гриби розглядають як самостійну групу Fungi (від. лат. *fungus* – гриб), яка в сучасній системі органічного світу (С. Едл із співавт., 2012) належать до надцарства Опістоконти. До справжніх грибів у цій системі відносять вісім відділів, серед яких назвемо *Хитридіомікоти* (синхітріум – збудник раку картоплі), *Зигомікоти* (мукор – біла цвіль, різопус – чорна цвіль), *Аскомікоти* (дріжджі, аспергіл, пеніциліум, трюфелі, зморшки) та *Базидіомікоти* (мухомори, печериці, боровики, трутовики, дощовики). Для класифікації грибів використовують такі основні категорії, як царство, відділ, клас, порядок, родина, рід та вид.

За будовою справжні гриби поділяють на *нижчі* (з несептованою грибницею) і *вищі* (з грибницею, поділеною на септи), а за розмірами – на *макроміцети* та *мікроміцети*. Основними екологічними групами, що мають для людини найбільше значення, є *шапинкові гриби*, *гриби-паразити*, *цвілеві гриби*, *дріжджеві гриби*. Ліхенізовані гриби (або лишайники) в сучасній системі грибів не утворюють окрему систематичну групу, а розглядаються як види грибів, які взаємопов'язані з різними видами водоростей й ціанобактерій.

Шапинкові гриби – це гриби, ознаками яких є наявність плодових тіл з ніжками та шапки, сапротрофний та мутуалістичний спосіб живлення й здатність утворювати мікоризу. За будовою спороносного шару шапинкові гриби поділяють на: *трубчасті гриби* (білий гриб, масляк, підберезник) та *пластинчасті гриби* (сироїжки, лисички, рижики). За використанням в їжу гриби є: безумовно їстівні (білий, підосичники, масляки), умовно їстівні (сироїжки), отруйні (бліда поганка, червоний мухомор, несправжні опеньки).

Гриби-паразити – це група грибів, які живляться за рахунок поживних речовин живих організмів, мають різноманітні способи зараження та утворюють величезну кількість спор тощо. Грибами-паразитами є трутовики, сажкові, іржасті, ріжкові, борошнисторосяні гриби.

Цвілеві гриби – це група грибів, загальними ознаками яких є утворення нальоту на субстратах, сапротрофний спосіб живлення та виділення захисних речовин-антибіотиків. Сюди відносять нижчі одноклітинні гриби (напр., мукор) і вищі багатоклітинні (напр., пеніцил, аспергіл) гриби. Цвілеві гриби поширені по всій земній кулі і їх природним місцезнаходженням є верхні шари ґрунту.

Дріжджеві гриби – це одноклітинні гриби, ознаками яких є здатність до анаеробного дихання, брунькування, сапротрофний й паразитичний спосіб живлення. Представниками групи є пекарські й винні дріжджі, кандіда білява (збудник молочниці), пневмоцистис (збудник пневмонії) та ін.

Отже, справжні гриби є найрізноманітнішою групою грибів, яка має ряд спільних з тваринами ознак і поступається лише їм за кількістю видів.

Чому лишайники є симбіотичними асоціаціями організмів?

Лишайники (ліхенізовані гриби) – це асоціації справжніх грибів (мікобіонт) та фотосинтезуючих організмів (фотобіонт). У більшості ліхенізовані гриби є представниками відділу Аскомікоти і їхня частка серед справжніх грибів складає близько 20%. Тривалий час думали, що ліхенізовані гриби у вільному стані без водоростей існувати не можуть. Але останні молекулярно-генетичні дослідження довели, що один і той самий вид гриба може жити й розмножуватися і як сапротроф і як симбіонт в асоціації з фотосинтезуючим організмом.

Фотобіонтами лишайників є представники зелених водоростей (*требуksія*, *кладофора*, *трентеполія*) та ціанобактерій (*носток*, *анабена*). Окрім того, всередині тіла багатьох лишайників можуть жити й нефотосинтезуючі організми (бактерії, дріжджі).

У лишайників своєрідна форма вегетативного тіла (слані, або талому) у вигляді кірочки (накипні лишайники *графіс*, *леканора*), листкоподібної пластинки (листуваті лишайники *стінна золотянка*, *пармелія*) або кущика (кущисті лишайники *ягель*, *бородач*).

Розмноження у лишайників здебільшого вегетативне за допомогою особливих утворів, якими є вирости на тілі або всередині тіла. Ще однією особливістю лишайників є утворення лишайникових речовин, що захищають від поїдання та мікроорганізмів, надають забарвлення та контролюють світлові впливи, регулюють взаємовідносини з рослинами тощо.

Отже, **Ліхенізовані гриби** – це симбіотичне об'єднання (асоціація) справжніх грибів з одним або декількома видами фотосинтезуючих організмів.



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота «РОЗПІЗНАВАННЯ РІЗНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ ГРИБІВ І СКЛАДАННЯ СХЕМ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ»

Вправа 1. Розгляньте плодові тіла *печериці двоспорової* (*Agaricus bisporus*). Знайдіть і позначте на малюнку в робочому зошиті: 1 – шапинка; 2 – ніжка; 3 – гіфи міцелію; 4 – покривало; 5 – пластинчастий спороутворюючий шар (гіменофор).

Які ознаки свідчать про належність печериці до справжніх грибів?

Вправа 2. Назвіть основні систематичні категорії, що визначають місце *печериці двоспорової* у системі органічного світу.

Вправа 3. Зіставте запропоновані на ілюстраціях гриби з їхніми назвами та вкажіть відділи, до якого вони належать: 1 – синхітріум; 2 – мукор, або біла цвіль; 3 – дощовик їстівний; 4 – зморшок їстівний.



Біологія + Історія. «Роль грибів в історії»

Ріжки пурпурові (*Claviceps purpurea*) – це вид фітопатогенних грибів, який зіграв рокову роль у трагічно відомому Салемському полюванні на відьм. Цей вид грибів належить до сумчастих грибів (Аскомікота) і паразитує здебільшого на житі. Отруєння зерна відбувається через накопичення небезпечного алкалоїда ерготоксину. В чому суть такої історичної події як «Салемське полювання на відьм»? Як відбувається зараження жита пурпуровими ріжками?



СТАВЛЕННЯ

Біологія + Екологія. «Взаємовідносини грибів й рослин»

Найбільшим організмом на Землі є **опеньок темний** (*Armillaria ostoyae*), який росте в лісовому заповіднику Малур американського штату Орегон. Його вегетативне тіло простягається під землею на площу в 8,4 км² і сягає ваги у 600 тонн. Вік цієї істоти складає вже більше двох тисяч років. Дослідження науковців доводять, що цей гриб становить дуже серйозну загрозу для лісів. Посніть, чому?



РЕЗУЛЬТАТ

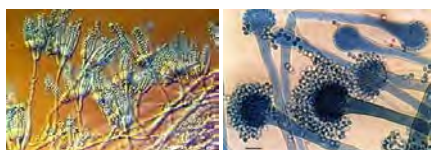
Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі несправжні гриби? 2. Назвіть ознаки слизовиків. 3. Хто такі справжні гриби? 4. Назвіть основні екологічні групи справжніх грибів. 5. Хто такі ліхенізовані гриби? 6. Наведіть приклади ліхенізованих грибів
7 – 9	7. Які організми належать до грибоподібних? 8. Які особливості й різноманітність справжніх грибів? 9. Чому лишайники є симбіотичними асоціаціями організмів?
10 – 12	10. Оцініть значення грибів для таких галузей діяльності людини як історія та медицина.

Сторінка ілюстрацій

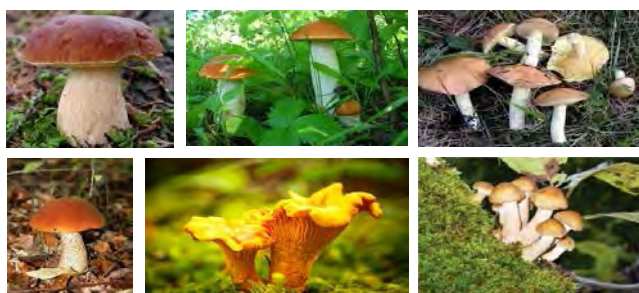
Екологічні групи грибів



Л. 28. Гриби-паразити рослин (зліва направо): 1 – іржа пшениці; 2 – трutowик сірчано-жовтий; 3 – сажка кукурудзи; 4 – ріжки жита; 5 – парша яблуні; 6 – фітофтороз картоплі; 7 – борошниста роса троянд; 8 – плодова гниль груші



Л. 29. Цвілеві гриби: 1 – пеніцил (має китичкові гіфи – конідієносці із спорами); 2 – аспергіл (на верхівкових гіфах якого формуються потовщення з виростами, що загалом нагадує «кошлату голову»)



Л. 30. Їстівні шапинкові гриби: 1 – білий гриб; 2 – підберезник; 3 – маслюки; 4 – підосичник; 5 – лисички; 6 – опеньки літні



Л. 31. Шапинкові гриби, які вирощують в культурі: 1 – печериці (шампінйони); 2 – глива; 3 – гриб шітаке

Л. 32. Хижі гриби: 1 – кордицепс на мурасі; 2 – хижий нематододійний гриб артроботріс.



Л. 33. Отруйні шапинкові гриби: 1 – мухомор червоний; 2 – опеньки несправжні; 3 – бліда поганка (або мухомор зелений)



Л. 34. Ліхенізовані гриби (зліва направо): 1 – золотянка стінна (ксанторія настінна); 2 – кладонія оленяча («олений мох», або ягель); 3 – цетрарія ісландська («ісландський мох»); 4 – евернія сливова («дубовий мох»); 5 – уснея («бородатий мох»); 6 – графіс письменний

§ 14. РОСЛИНИ. ВОДОРОСТІ

Основні поняття й ключові терміни: **РОСЛИНИ. ВОДОРОСТІ.**

Пригадайте! Хто такі еукаріоти?



Поміркуйте!

МІЖНАРОДНИЙ ДЕНЬ РОСЛИН

(*Fascination of Plants Day*) проходить під егідою Європейської організації біології рослин (EPSO) і відзначається у 39 країнах світу, 29 з яких – країни Європи, а інші – Південної та Північної Америки, Азії, Австралії та Африки. Понад 450 установ проводять ряд заходів з метою поширення у суспільстві наукових знань про рослини. А які еукаріотичні організми називають в сучасній біології рослинами?



Міжнародний
День рослин

18 травня 2017



ЗМІСТ

Які особливості рослин відрізняють їх від інших фотоавтотрофів?

В сучасній філогенетичній системі еукаріотичних організмів до групи **РОСЛИНИ** в широкому змісті цього поняття (*Plantae sensu lato*, або **Архепластиди**) відносять **Глаукофітові водорості**, **Червоні водорості** та **Зелені рослини** (*Plantae sensu stricto*, або рослини у вузькому змісті). До Зелених рослин (*Viridiplantae*) належать **Хлорофіти** із зеленими водоростями та **Стрептофіти**, куди входять харові водорості та вищі рослини. Саме ці групи мають єдність походження, доведене шляхом секвенування ДНК та ознаками клітинної будови. Які ж найзагальніші ознаки збірної групи **РОСЛИНИ**?

Рослини – це еукаріотичні фотосинтезуючі одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми, у яких клітини тригеномні – з ядерним, мітохондріальним та хлоропластним геномами. Рослини характеризуються значною мінливістю розмірів геному, кількості й морфології хромосом. Кількість хромосом змінюється в межах від 4 до 1000 й більше, але більшість видів містить в ядрі від 12 до 60 хромосом.

Хлоропласти рослин мають прокаріотичне походження, тому в сучасній системі організмів їх поміщують в групу Архепластиди, що в перекладі з грецької означає «володарі древніх пластид». Ці органели виникли завдяки первинному ендосимбіозу ціанобактерій з еукаріотичними клітинами. Первинний симбіоз – це поглинання еукаріотичною клітиною шляхом фагоцитозу вільноживучих ціанобактерій, які після



Іл. 35. Схема первинного ендосимбіозу (зумовив появу глаукофітових, червоних водоростей та зелених водоростей)

горизонтального перенесення генів від симбіонта в ядро клітини-хазяїна, еволюціонували у двомембранні хлоропласти. Такі хлоропласти, крім рослин, є ще у червоних й глаукофітових водоростей.

Хлоропласти рослин містять зелені фотосинтезуючі пігменти *хлорофіли а* (глаукофітові водорості), *хлорофіли а і b* (зелені рослини), *хлорофіли а і d* (червоні водорості). Окрім хлорофілів у червоних водоростей є червоні фікобіліни, а у глаукофітових сині *фікобіліни*. Сумісна діяльність цих пігментів збільшує спектр поглинання й ефективність отримання енергії для фотосинтезу у різних умовах.

Отже, **РОСЛИНИ** – одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні еукаріотичні організми, найзагальнішими особливостями яких є фотоавтотрофне живлення, наявність первинних пластид та хлорофілів *а, b і d*.

Які особливості водоростей?

ВОДОРОСТІ (*Algae*) – різномісна група сланевих фотосинтезуючих організмів, які мешкають переважно у воді чи пристосувались до життя на суходолі. Тіло водоростей називається *слань*, живлення фотоавтотрофне, хлоропласти називаються *хроматофорами* й можуть мати різну форму та походження, запасними речовинами є здебільшого вуглеводи (крохмал, ламінарин, волютин, лейкозин) й жири (олії), що накопичуються й відкладаються у вигляді включень в цитоплазмі або пластидах.

Різні групи водоростей виникли у різний час від різних предкових форм (поліфілетичне походження) та розвивались окремо, але в результаті еволюції набули багато схожих рис. Серед водоростей є групи, що належать до рослин (глаукофітові, червоні, зелені, харові водорості) й разом з наземними рослинами складають окрему гілку філогенетичного дерева еукаріот під назвою Археопластиди. Такі групи водоростей як діатомові, бурі, золотисті, жовто-зелені, дінофітові знаходяться в іншій гілці еволюції еукаріот (Хромальвеоліти) і мають філогенетичну спорідненість із інфузоріями, форамініферами, радіоляріями та споровиками. А така група як евгленові водорості належить до групи Екскавати й споріднена з джгутиконосцями (трипаносоми, лейшманії). Ми розглянемо лише водорості, які належать до рослин.

Глаукофітові водорості (від грец. *глаукос* – синьо-зелений, *фітос* – рослина) – одноклітинні рослинні організми, які мешкають виключно у прісноводних водоймах і болотах. Ці найдавніші фотосинтезуючі еукаріоти мають унікальні ознаки: двомембранні хлоропласти (ціанелли) з шаром муреїну між мембранами, наявність хлорофілу *а* та фікобілінів, що зумовлюють яскраве синьо-зелене забарвлення, здатність до азотфіксації тощо. Науковці вважають, що в межах групи Археопластиди глаукофіти виділились у самостійну групу ще до розходження зелених й червоних водоростей. Представниками глаукофітових водоростей є *ціанофора*, *глаукоцистіс* та ін.

Червоні водорості – це одноклітинні, колоніальні чи багатоклітинні, здебільшого морські, організми. Характерне забарвлення червоних водоростей



Іл. 36. Глаукофітова водорість *ціанофора*

визначається, в першу чергу, наявністю особливих пігментів – *фікобілінів*. Ці сполуки дозволяють цим водоростям вловлювати слабе світло на глибинах 200–250 м. У матриксі клітинної оболонки наявні агарі. Запасують червоні водорості особливу речовину – багрянковий крохмаль, що відкладається у цитоплазмі. Цікаво, що жодні їхні клітини, в тому числі й статеві, не мають джгутиків. Найвідомішими червоними водоростями є *порфіра*, *кораліна*, *філофора* та ін.

Зелені водорості – рослинні організми із зеленим кольором слані, що визначається переважаючими зеленими пігментами. Клітини більшості видів вкриті клітинною стінкою з целюлози, у хлоропластах є один або кілька піреноїдів, хроматофори, на відміну від хлоропластів інших водоростей, забезпечують не лише фотосинтез, але є й місцем відкладання крохмалю. Зелені водорості поширені в прісних та солоних водоймах, в морях та океанах, в наземних системах, на снігу та льоду. До зелених водоростей належать такі роди як *хламідомонада*, *вольвокс*, *хлорела*, *улотрикс*, *ульва*, *ацетабулярія*, *спірогіра*.

Харові водорості – це багатоклітинні організми, які поєднують ознаки водоростей і вищих рослин. Ззовні ці водорості схожі на хвощі. Особливостями харових водоростей є: особливості верхівкового росту, наявність вузлів та різних клітин у вузлах, багатоклітинні органи для статевого й вегетативного розмноження. Найвищого розвитку досягають статеві органи – антеридії й архегонії. Вони багатоклітинні і у більшості видів розвиваються на одній рослині. Для вегетативного розмноження на ризоїдах утворюються бульбочки, а на вузлах талому – зірчасті скупчення клітин. До харових водоростей належать представники таких родів, як *хара*, *нітелла* і *толінела*.

Отже, водорості – це поліфілетична різноманітна група організмів, що належать до віддалених гілок філогенетичного дерева еукаріотів.



Іл. 37. Червона водорість філофора ребриста



Іл. 38. Зелена водорість спірогіра



Іл. 39. Статеві органи харової водорості



ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з діаграмою

Філогенетичні дерева можуть бути представлені у вигляді кладограм, що відображають послідовність еволюційних подій та філогенетичні зв'язки між групами організмів. Розмістіть цифри названих груп у кружечках та отримайте кладистичну діаграму Рослин: 1 – Археопластиди; 2 – Гла-

