

ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСПЛКИ
«Полтавський університет економіки та торгівлі»
Кафедра товарознавства продовольчих товарів

Тексти лекцій
«Загальна біологія»
для студентів напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія»

- Автор:** *С. О. Усенко*, к. б. н., доцент кафедри товарознавства продовольчих товарів ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі».
- Рецензенти:** *В. М. Волощук*, д. с.-г. н., професор, директор Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН;
А. М. Шостя, к. б. н., старший науковий співробітник, завідувач відділу фізіології відтворення та годівлі Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН.

Тексти лекцій обговорені та схвалені на засіданні кафедри товарознавства продовольчих товарів.
 Протокол №2 від 30 вересня 2014 року
 Зав. кафедри товарознавства продовольчих товарів
 Проф. Бірта Г.О. _____

«УЗГОДЖЕНО»
 Начальник науково-методичного центру управління якістю діяльності
 Доц. Огуй Н.І. _____
 « _____ » _____ 2014 р.

«УЗГОДЖЕНО»
 Директор науково-навчального центру
 Доц. _____ Герман
 Н.В. _____
 « _____ » _____ 2014 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|---|
| Вступ..... | 4 |
| | |
| Змістовий модуль 1. Рівні організації живої матерії. Відтворення й індивідуальний розвиток організмів. Біосфера. | |
| Лекція 1. Біологія – комплексна наука про живу природу. Рівні організації живої матерії. Основні | |

| | |
|--|-----|
| методи біологічних досліджень..... | 6 |
| Лекція 2. Відтворення й індивідуальний розвиток організмів. Розмноження організмів..... | 14 |
| Лекція 3. Відтворення й індивідуальний розвиток організмів. Онтогенез. Ембріональний розвиток тварин..... | 23 |
| Лекція 4. Відтворення й індивідуальний розвиток організмів. Постембріональний розвиток організмів..... | 31 |
| Лекція 5. Біосфера, її структура та функції..... | 39 |
| Змістовий модуль 2. Еволюція органічного світу. | |
| Лекція 6. Еволюційне вчення. Теорії еволюції..... | 52 |
| Лекція № 7. Еволюційне вчення. Рушійні сили еволюції. Популяція як одиниця еволюції. Елементарні фактори еволюції..... | 64 |
| Лекція 8. Еволюційне вчення. Мікро- та макроеволюція. Видоутворення. Докази еволюції..... | 71 |
| Лекція 9. Виникнення і розвиток життя на Землі..... | 85 |
| Лекція 10. Походження людини..... | 102 |
| Перелік використаних літературних джерел..... | 111 |

ВСТУП

Програма курсу «Загальна біологія» призначена для підготовки фахівців з напрямку підготовки 6.051401 «Біотехнологія».

В процесі вивчення курсу студенти ознайомлюються з важливими відкриттями механізмів біологічних процесів і явищ, пізнають місце людини в біосфері та її відповідальність за стан навколишнього середовища.

Курс «Загальна біологія» відіграє інтегруючу роль. У ньому систематизовано з історичного погляду всі раніше вивчені факти, що підлягають основним закономірностям органічного світу. На основі пізнання цих законів розумно використовується, охороняється і відтворюється природа.

Значення загальної біології виключно велике в ряді життєво важливих галузей людської діяльності. Вона набуває все зростаючого практичного значення для сільського господарства, лісової та рибної промисловості, біотехнології, медицини, для раціонального використання природних ресурсів і охорони природи.

Мета дисципліни «Загальна біологія» – формування у майбутніх спеціалістів глибоких і всебічних знань про основні закономірності життя на всіх рівнях його організації.

Основними завданнями дисципліни «Біологія клітини» є:

- формування наукової картини живої природи на основі засвоєння студентами системи біологічних знань, ознайомлення з методами пізнання природи та взаємозв'язком між розвитком методів і теоретичних узагальнень біологічної науки;

- формування знань про принципи функціонування і структуру біологічних систем, їх онто- і філогенез, взаємозв'язки між біологічними системами, середовищем;

- формування умінь використовувати набуті знання для оцінки наслідків своєї діяльності по відношенню до навколишнього середовища;

- оволодіння студентами вміннями здійснювати самостійний пошук та аналіз біологічної інформації, характеризувати сучасні відкриття в галузі біології;

- набуття компетентності у раціональному природокористуванні.

- розвиток у студентів пізнавальних інтересів, інтелектуальних і творчих здібностей шляхом розв'язування біологічних задач, моделювання біологічних процесів;

- оволодіння студентами вміннями здійснювати самостійний пошук та аналіз біологічної інформації, ознайомленні з сучасними відкриттями в галузі біології.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ. ВІДТВОРЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ. БІОСФЕРА.

ЛЕКЦІЯ 1. БІОЛОГІЯ – КОМПЛЕКСНА НАУКА ПРО ЖИВУ ПРИРОДУ. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ. ОСНОВНІ МЕТОДИ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

План

1. Поняття про біологію та основні біологічні науки. Принципи біології.
2. Методи біологічних досліджень. Наукові поняття.
3. Ознаки живої матерії. Форми життя. Рівні організації живої матерії.

Ключові слова: біологія, вірусологія, бактеріологія, мікологія, альгологія, бріологія, ентомологія, іхтіологія, біоінженерія, біоніка; жива і нежива матерія, форми життя, рівні організації життя (молекулярний, клітинний, тканинний, організменний, популяційно-видовий, біоценотичний і біосферний) живлення, дихання, подразливість, рухливість, виділення, розмноження, ріст.

1. ПОНЯТТЯ ПРО БІОЛОГІЮ ТА ОСНОВНІ БІОЛОГІЧНІ НАУКИ. ПРИНЦИПИ БІОЛОГІЇ

Біологія — це сукупність наук про живі істоти, їхню будову, процеси життєдіяльності, взаємозв'язки між собою та умовами навколишнього середовища, закономірності розповсюдження по земній кулі, походження, історичний розвиток, різноманітність тощо.

Загальна біологія вивчає закономірності, притаманні усім живим організмам, досліджує шляхи історичного розвитку біосфери, створює системи живих істот.

Термін «біологія» був уперше вжитий у 1797 р. німецьким професором анатомії Теодором Рузом (1776 – 1847), пізніше в 1800 р. термін застосував професор Дерпського університету К. Бурдах (176 – 1847), а в 1802 р. – Ж.-Б. Ламарк (1744 – 1829) і Л. Тревіранус (1779 – 1864).

Поряд з фізикою, хімією, математикою біологія належить до природничих наук, предметом вивчення яких є природа. У процесі поступового розвитку й у міру збагачення новими фактами біологія перетворилася в комплекс наук, що досліджує закономірності, властиві живим істотам з різних сторін.

Сучасна біологія – це складний висококодиференційований комплекс фундаментальних і прикладних досліджень живої природи, яка складається з багатьох біологічних дисциплін, що спеціалізуються на вивченні структурно-функціональних особливостей певних організмів.

Відповідно до систематичної належності об'єктів дослідження сформувалися такі біологічні науки, як вірусологія — наука про неклітинні форми життя - віруси; бактеріологія — наука, яка досліджує прокаріотичні організми (бактерії та ціанобактерії); мікологія — наука про гриби; ботаніка — наука про рослини; зоологія - наука про тварин.

Інший аспект розподілу науки про життя ґрунтується не на виділенні природних груп живих організмів, а на дослідженні їхньої структури й функцій, будови живих систем та особливостей життєдіяльності. Морфологія, наприклад, вивчає макро- й мікроскопічну структуру, фізіологія – функції, цитологія – будову, хімічний склад та функції клітин, гістологія – тканини, генетика спадковість та її мінливість, екологія – взаємовідносини організмів з довкіллям.

Проте наприкінці ХІХ ст. та особливо в останні десятиріччя ХХ ст. в біології стали активно використовувати хімію й фізику, математику й кібернетику, що привело до виникнення низки нових наук, які вивчають найглибінніші, передовсім фізико-хімічні основи живого світу. Такими є біохімія, біофізика, молекулярна біологія, біоніка, біоінженерія тощо.

Принципи біології. Чимало вчених роблять спроби узагальнити біологічні знання й подати їх у простій та ємній формі. У цьому розумінні привертають увагу принципи, запропоновані відомим біологом професором Б.М.Медніковим.

Він сформулював *п'ять принципів біології*:

- 1) усі організми мають представляти єдність фенотипу та генетичної програми його побудови (генотипу);
- 2) генотип реплікується матричним способом;
- 3) за умов реплікації генотипу неминучі випадкові та непередбачувані зміни (мутації);
- 4) при побудові фенотипу мутації багаторазово посилюються в енергетичному відношенні;
- 5) змінені фенотипи піддаються селективному впливу з боку чинників довкілля.

2. МЕТОДИ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. НАУКОВІ ПОНЯТТЯ.

Живу матерію на всіх рівнях організації досліджують різними методами, найголовнішими з яких є порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг та моделювання. Результати дослідів обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.

Порівняльно-описовий метод є найдавнішим. За його допомогою описують певні форми організмів чи явища. При цьому, щоб встановити своєрідність об'єкта досліджень, його порівнюють з іншими подібними об'єктами чи процесами.

Експериментальний метод полягає у зміні дослідником будови об'єктів досліджень чи певних умов їхнього існування і спостереження за наслідками цих змін. Експерименти бувають польові та лабораторні.

Моніторинг - це постійне стеження за перебігом певних процесів в окремих екосистемах, біосфері в цілому чи за станом конкретних біологічних об'єктів. Моніторинг здійснюють переважно на популяційно-видовому, біогеоценотичному та біосферному рівнях. Він дає змогу не тільки визначати стан певних об'єктів, але й прогнозувати можливі зміни та аналізувати їхні можливі наслідки.

Моделювання — це метод дослідження та демонстрації структур, функцій, процесів за допомогою їхньої спрощеної імітації. Моделювання є обов'язковим етапом багатьох наукових досліджень, оскільки дає можливість вивчати об'єкти та процеси, які неможливо безпосередньо спостерігати чи відтворювати експериментально.

Статистичний метод. Зібрані факти, не оброблені статистично, не проаналізовані всебічно, не дають можливості виявити всю інформацію, яка в них міститься, встановити певні закономірності. Математична обробка необхідна для перевірки ступеня вірогідності одержаних результатів і правильного їх узагальнення.

Застосування математично-статистичних методів у біології сприяло її перетворенню з описової галузі знань у точну, що ґрунтується на точному математичному аналізі одержаних даних.

Наукові поняття. Будь-яка наука оперує певними поняттями, такими, як науковий факт, гіпотеза, теорія, закон і повинна спиратись лише на встановлені наукові факти.

Науковий факт - це те, що дійсно встановлене (структура, подія, явище тощо), але потребує наукового пояснення. На наукових фактах ґрунтуються гіпотези або теорії. **Гіпотеза** – науково обґрунтоване припущення, яке висувають для пояснення факту, який безпосередньо не спостерігається. Гіпотеза, підтверджена дослідженнями, практикою, стає науковою теорією. **Наукова теорія** – це узагальнення певної системи фактів та закономірностей. Будь-яку теорію можна вважати науковою лише після того, як її підтверджено на практиці.

Статистично вірогідну закономірність у біології можна вважати *правилом* або *законом*. **Біологічні закони** – це закономірності, що як правило, не мають винятків і можуть тлумачитись лише певним чином. На відміну від інших наук, у біології поняття «правило» та «закон» досить близькі, іноді взаємозамінні (наприклад, закономірність, встановлену Г. Менделем щодо одноманітності гібридів першого покоління, у деяких випадках називають першим законом спадковості, а інколи - правилом).

3. ОЗНАКИ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ. ФОРМИ ЖИТТЯ. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ.

Ознаки живої матерії.

Живлення. Їжа необхідна всім живим істотам. Вони використовують її як джерело енергії і речовин, необхідних для росту і інших процесів життєдіяльності.

Дихання. Для всіх процесів життєдіяльності потрібна енергія. Тому основна маса поживних речовин, що отримані в результаті автотрофного і гетеротрофного живлення, використовується в якості джерела енергії. Енергія вивільняється в процесі дихання при розчепленні деяких високоенергетичних сполук. Вивільнена енергія

запасається в молекулах аденозинфосфата (АТФ), який виявлений у всіх живих клітинах.

Подразливість. Всі живі істоти здатні реагувати на зміни внутрішнього і зовнішнього середовища, що допомагає їм вижити.

Рухливість. Тварини відрізняються від рослин здатністю переміщатись з одного місця в інше, тобто здатністю до руху. Але і у рослин можна спостерігати рух всередині клітин і навіть рух цілих органів, хоча і з меншою, ніж у тварин, швидкістю. Можуть рухатися і деякі бактерії, і одноклітинні водорості.

Виділення. Виділення, або екскреція, - це виведення із організму кінцевих продуктів обміну речовин.

Розмноження. Тривалість життя у кожного організму обмежена, однак все живе «безсмертне». Виживання виду забезпечується збереженням головних ознак батьків у потомства, що виникло шляхом безстатевого або статевого розмноження.

Ріст. Об'єкти неживої природи ростуть, приєднуючи нову речовину до зовнішньої поверхні. Живі істоти ростуть зсередини за рахунок поживних речовин, які організм отримує в процесі автотрофного або гетеротрофного живлення. В результаті асиміляції цих речовин утворюється нова жива протоплазма.

Ці сім головних ознак живого більш або менш виражені у любого організму і слугують єдиним показником того, живий він чи мертвий. Не слід, однак, забувати, що всі ці ознаки – лише спостережні прояви головних властивостей живої матерії (протоплазми), тобто її здатності вивільняти, перетворювати і використовувати енергію ззовні.

Живі істоти володіють вбудованою системою саморегуляції, яка підтримує процеси життєдіяльності і перешкоджає некерованому розпаду структур і речовин та безцільному виділенню енергії. Така регуляція направлена на підтримку гомеостазу на всіх рівнях організації живих систем – від молекул до цілих угруповань.

Форми життя. Жива природа надзвичайно складна та різноманітна. Це сукупність живих систем різного ступеня складності та організації – таксонів.

У всьому розмаїтті органічного світу можна виділити дві форми – неклітинну і клітинну.

Неклітинні форми органічного світу. До неклітинних належать віруси, які утворюють групу Віра. Віруси проявляють життєздатність тільки у стадії внутрішньоклітинного паразитизму.

Клітинні форми життя. Основну масу живих істот складають організми, які мають клітинну будову. У процесі еволюції органічного світу клітина набула властивостей елементарної системи, в якій можливий прояв усіх закономірностей, що характеризують життя.

Клітинні організми поділяють на дві категорії: ті, що не мають типового ядра – доядерні, або прокаріоти (*Procaryota*) та ті, які мають ядро – ядерні, або еукаріоти (*Eucaryota*). До прокаріотів належать бактерії та синьо-зелені водорості, до еукаріотів – більшість рослин, гриби і тварини. Різниця між одноклітинними прокаріотами та еукаріотами більш суттєва, ніж між одноклітинними еукаріотами та вищими рослинами і тваринами.

Жива клітина – це упорядкована система, для якої є характерним отримувати ззовні, перетворювати і частково виділяти різні хімічні сполуки. У цілому це забезпечує фундаментальну властивість життя – *історичну неперервність біологічних процесів*.

Рівні організації живої матерії. Життя на нашій планеті існує у вигляді дискретних одиниць – організмів, особин. Кожний організм, з одного боку, складається з одиниць підпорядкованих йому рівнів організації (органів, тканин, клітин, молекул), з другого – сам є одиницею, яка входить до складу біологічних макросистем над організмом (популяцій, біоценозів, біосфери і у цілому).

Молекулярний рівень – дискретні системи дуже одноманітні. Базовий життєвий субстрат для всіх живих істот створюють лише 20 амінокислот, з яких синтезується білок, і 5 азотистих основ, що входять до складу молекул нуклеїнових кислот. Близький склад мають білки і вуглеводи. У всіх організмів біологічна енергія запасється у вигляді багатих на енергію адинозинфосфорних кислот (АТФ, АДФ, АМФ). Спадкова інформація у них закладена у молекулі ДНК, що здатна до саморепродукції (виняток становлять лише РНК-вмісні віруси). Реалізація спадкової інформації здійснюються за участю молекул РНК, що синтезуються на матричних молекулах ДНК.

Клітинний рівень також характеризується однотипністю всіх живих організмів: клітина в них є основною елементарною біологічною одиницею. У всіх організмів тільки на клітинному рівні можливі біосинтез і реалізація спадкової інформації. Клітинний рівень у одноклітинних організмів збігається з рівнем організму (одноклітинні організми: амеба, інфузорія).

Тканинний рівень виник разом з появою багатоклітинних тварин і рослин, які мали диференційовані тканини. У багатоклітинних організмів він розвивається у період онтогенезу. Велика подібність між всіма організмами зберігається на тканинному рівні. Спільно функціонуючи, клітини різних тканин утворюють органи. Лише 4 основних типи тканин входять до складу органів всіх багатоклітинних тварин, і 5 основних тканин утворюють органи рослин.

Рівень організму (онтогенетичний). На цьому рівні спостерігається найбільша різноманітність форм життя. На Землі існує понад мільйон видів тварин та близько півмільйона видів рослин. Кожний вид складається з окремих особин. Особина – це елементарна одиниця життя. Поза особинами у природі життя не існує. На рівні організму відбуваються процеси онтогенезу, тому цей рівень ще називають онтогенетичним.

Популяційно-видовий рівень. Сукупність особин одного виду, що населяють певну територію та ізольовані від особин інших сукупностей, утворює популяцію. Між особинами у популяції відбувається вільне схрещування. Популяція – це елементарна одиниця еволюційного процесу, в ній розпочинаються процеси видоутворення. Популяція входить до складу біогеоценозів.

Біоценотичний і біосферний рівні. Біогеоценози – історично сформовані стійкі угруповання популяцій різних видів, що зв'язані між собою і з навколишньою неживою природою обміном речовин, енергії та інформації. Це елементарні системи, в яких здійснюється зумовлений життєдіяльністю організмів кругообіг речовин і

енергії. Біоценози утворюють біосферу і зумовлюють всі процеси, що відбуваються в ній.

Тільки при комплексному вивченні явищ життя на всіх рівнях можна скласти цілісне уявлення про особливу (біологічну) форму існування матерії.

Питання для контролю знань

1. Що вивчає наука біологія?
2. Назвіть ознаки живої матерії.
3. Які ви знаєте форми життя?
4. Назвіть рівні організації живої матерії.
5. Які основні методи біологічних досліджень ви знаєте?
6. Дайте визначення поняттю «науковий факт».
7. Що таке біологічні закони?
8. Дайте визначення поняттю «наукова теорія».

Перелік використаних літературних джерел: [1], [3], [6], [9], [10], [11].

ЛЕКЦІЯ 2. ВІДТВОРЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ. РОЗМНОЖЕННЯ ОРГАНІЗМІВ

План

1. Нестатеве розмноження.
2. Поліембріонія, партеногенез.
3. Статеве розмноження.

Ключові слова: розмноження, нестатеве розмноження, брунькування, спороутворення, вегетативне розмноження, поліембріонія, партеногенез, статевий процес, кон'югація, статевий диморфізм, гермафродитизм, однодомні та дводомні рослини, копуляція, яйцеклітина, сперматозоїд, запліднення.

Здатність розмножуватися – одна з основних особливостей живих організмів. Розмноження організмів – це процес відтворення собі подібних, що забезпечує безперервність і спадковість життя. Існують два основні типи розмноження нестатеве і статеве.

1. НЕСТАТЕВЕ РОЗМНОЖЕННЯ

Нестатеве розмноження організмів відбувається без участі статевих клітин - за допомогою окремих нестатевих клітин (їхнім поділом навпіл, множинним поділом, брунькуванням) або за рахунок утворення спор. Це найдавніша форма розмноження, поширена серед одноклітинних, деяких грибів і нижчих рослин. У разі нестатевого розмноження всі нащадки однієї особини генетично ідентичні один одному та батьківському організму (*клон*). Члени одного клону можуть бути генетично різними тільки у випадку виникнення випадкової мутації. Вищі тварини не здатні до

безстатевого розмноження. Існує декілька *типів нестатевого розмноження*: поділ, брунькування, фрагментація, вегетативне розмноження, спороутворення.

Поділом розмножуються одноклітинні організми: кожна особина ділиться на дві або більше число дочірніх клітин, які ідентичні батьківській клітині. Поділу клітини передують реплікація ДНК, а у еукаріот – також поділ ядра. В більшості випадків відбувається *бінарний поділ*, при якому утворюються дві ідентичні дочірні клітини. При цьому органели материнської клітини більш-менш рівномірно розподіляються між ними. Якщо ж певна органела наявна в материнській клітині в однині, то вона потрапляє в одну з дочірніх клітин, а в іншій формується заново (наприклад, довгий джгутик у евглени зеленої). Дочірні клітини, що утворилися, живляться, ростуть і, досягнувши певних розмірів, також починають розмножуватись. Так діляться бактерії, багато найпростіших (амеба) і деякі одноклітинні водорості (евглена).

Під час *множинного поділу* спочатку багаторазово ділиться ядро материнської клітини, завдяки чому вона стає багатоядерною, а вже потім ділиться її цитоплазма й утворюється відповідна кількість дочірніх клітин. Така форма нестатевого розмноження притаманна, наприклад, паразиту крові людини малярійному плазмодію.

Поширеним способом вегетативного розмноження тварин є *брунькування*, під час якого від материнського організму відокремлюється один або кілька багатоклітинних утворів — бруньок, що згодом розвиваються в самостійні організми (наприклад, поліпи кишковопорожнинних, деякі кільчасті черви). Брунькування зустрічається у різних форм організмів, особливо у кишковопорожнинних (гідра), та у одноклітинних грибів (дріжджі). В останньому випадку брунькування відрізняється від поділу (яке також спостерігається у дріжджів) тим, що від більшої клітини (материнської) відокремлюється менша (дочірня).

Коли ж бруньки залишаються на все життя зв'язаними з материнським організмом, виникають колонії (наприклад, губки, коралові поліпи).

Фрагментація – тип нестатевого розмноження, коли тіло батьківської особини розпадається на частини (іноді кілька сотень частин), а кожна з них розвивається у новий організм (плоскі черви, морські зірки).

Спора – одноклітинна репродуктивна одиниця мікроскопічних розмірів, яка складається з невеликої кількості цитоплазми і ядра. Розмноження спорами відомо у багатьох еукаріотів: грибів, водоростей, мохів, хвощів, плаунів, папоротей, їхні спори — це окремі спеціалізовані клітини, оточені, зазвичай, захисними оболонками. Вони слугують для розмноження і розповсюдження організмів. Деякі спори мають джгутики, за допомогою яких вони здатні активно пересуватись у вологому середовищі (наприклад, у певних видів водоростей і грибів). У таких спор немає щільної оболонки, тому тривалість їхнього життя незначна. Спори, які не мають джгутиків, зазвичай, вкриті щільною оболонкою і здатні зберігати життєздатність протягом кількох десятків років. Вони поширюються вітром, водою, іншими організмами. В одних випадках спори утворюються шляхом мітозу (певні види грибів і водоростей), в інших — мейозу (мохи, хвощі, плауни, папороті).

Вегетативне розмноження – відділення від організмів порівняно великих, зазвичай диференційованих частин, що розвиваються у самостійні особини. Для

цього процесу, який нагадує брунькування, рослина, наприклад, утворює спеціалізовані структури – цибулини, стебловими бульбами, кореневища, бульби, вуса, вивідкові бруньки). Деякі з цих структур слугують також для запасання поживних речовин, що дозволяє рослині пережити періоди несприятливих умов, таких як холод або засуха. Запасаючі органи дозволяють рослині переживати зиму і давати на наступний рік квіти, плоди (двохрічні рослини) або виживати впродовж декількох років (багаторічні рослини).

2. ПОЛІЕМБРІОНІЯ І ПАРТЕНОГЕНЕЗ

Особливими способами розмноження організмів є поліембріонія і партеногенез.

Поліембріонія — процес розвитку кількох зародків з однієї заплідненої яйцеклітини. Поліембріонія досить поширена серед різних груп тварин (війчасті та кільчасті черви, іноді у членистоногих, риб, птахів і ссавців). Як постійне явище вона притаманна деяким комахам (наприклад, їздцям) і ссавцям (наприклад, броненосцям). У людини у разі поліембріонії народжуються однойцеві близнята, які мають ідентичний набір спадкової інформації.

Трапляється поліембріонія і у рослин. При цьому в одній насініні розвивається кілька зародків (тюльпани, лілії, латаття, суниці тощо). Додаткові зародки в насініні можуть розвиватись не тільки із заплідненої яйцеклітини, а й з інших клітин насініни.

Партеногенез — одна із форм статевого розмноження організмів (редукована форма статевого розмноження), при якому жіночі статеві клітини розвиваються без запліднення. Як і у випадку поліембріонії, за партеногенезу дочірні організми мають ідентичний з материнським набір спадкової інформації. Є організми, в яких партеногенез - єдиний спосіб розмноження (деякі комахи — наличники, дибки). А, наприклад, у ящірок існують роздільностатеві та партеногенетичні популяції. У життєвому циклі попелиць і дафній закономірно чергуються покоління, які розмножуються статевим способом і партеногенетично.

Партеногенез за своїми особливостями займає ніби проміжне положення між нестатевим і статевим способами розмноження. З одного боку, новий організм розвивається зі спеціалізованої статевої клітини - яйцеклітини, з іншого — розвитку дочірньої особини не передуює запліднення.

Значення партеногенезу полягає у можливості розмноження при рідкісних контактах різностатевих особин (наприклад, на екологічній периферії ареалу), а також у можливості різкого збільшення чисельності нащадків, що важливо для видів і популяцій з великою циклічною смертністю.

Розрізняють *партеногенез облігатний*, при якому яйця здатні тільки до партеногенетичного розвитку, і *факультативний*, при якому яйця можуть розвиватися і партеногенетично, і в результаті запліднення. Часто розмноження шляхом партеногенезу чергується з двостатевим – *циклічний* партеногенез. Розмноження виключно шляхом партеногенезу у безсамцевих популяціях називається *константним*.

В залежності від статі нащадків розрізняють: *амфітокію*, при якій із незапліднених яєць розвиваються як самки, так і самці (наприклад, у попелиць),

аренотокію, при якій розвиваються тільки самці (трутні у бджіл), і *телітокію*, при якій розвиваються тільки самки (неповноциклічні попелиці та попелиці-засновниці, які дають початок партеногенетичним самкам-переселенцям, а серед хребетних – у ящірок).

Нестатеве і вегетативне розмноження, поліембріонія та партеногенез у деяких груп організмів є єдиними способами розмноження. У видів, здатних до статевого розмноження, переліченими способами розмножуються особини, які за тих чи інших причин опинилися ізольованими від інших.

У результаті нестатевого і вегетативного розмноження, поліембріонії або партеногенезу дочірні особини за набором спадкової інформації здебільшого є точними копіями батьків. Людина використовує цю особливість при розмноженні культурних рослин, підтримуючи з покоління в покоління властивості певних сортів.

3. СТАТЕВЕ РОЗМНОЖЕННЯ

При статевому розмноженні потомство з'являється внаслідок злиття генетичного матеріалу гаплоїдних ядер. Звичайно ці ядра містяться у спеціалізованих статевих клітинах – гаметах. Гамети гаплоїдні, тобто містять один набір хромосом, отриманий від вихідної диплоїдної клітини в результаті мейозу. Вони слугують зв'язною ланкою між існуючим і наступним поколінням.

Мейоз – важливий етап життєвих циклів, включаючи статеве розмноження, так як він веде до зменшення кількості генетичного матеріалу удвічі. Завдяки цьому в ряді поколінь. Що розмножуються статевим шляхом, ця кількість залишається постійною, хоча при заплідненні воно щоразу подвоюється. Під час мейозу в результаті випадкового розходження хромосом (*незалежний розподіл*) і обміну генетичних матеріалом між гомологічними хромосомами (*кросинговер*) виникають нові комбінації генів, які потрапили в одну гамету, така перетасовка підвищує генетичну різноманітність.

При заплідненні гамети зливаються, утворюючи диплоїдну зиготу, з якої в процесі розвитку формується зрілий організм. Цей процес називають *заплідненням* або *сингамією*. Це призводить до утворення диплоїдної зиготи, тобто клітини, яка містить по одному хромосомному набору від кожного із батьків. Це об'єднання в зиготі двох наборів хромосом (*генетична рекомбінація*) являє собою генетичну основу внутрішньовидової мінливості. Зигота росте і розвивається в зрілий організм наступного покоління. Таким чином, при статевому розмноженні в життєвому циклі проходить чергування диплоїдної і гаплоїдної фази, при чому у різних організмів ці фази приймають різні форми.

Перевага статевого розмноження над нестатевим полягає в тому, що за такого типу розмноження утворюються особини з новими комбінаціями генетичного матеріалу. Різноманітність цих комбінацій дозволяє виду найкращим чином пристосуватися до мінливих умов середовища.

Статевий процес — це поєднання в одній клітині спадкового матеріалу двох різних клітин. Він може відбуватися у формі *кон'югації* або *копуляції*.

Під час *кон'югації* між клітинами формуються цитоплазматичні містки, через які здійснюється обмін генетичною інформацією.

Біологічне значення кон'югації полягає в обміні спадковим матеріалом між різними особинами. Це сприяє спадковій мінливості, яка підвищує стійкість популяції організмів до умов довкілля, що змінюються.

Копуляція — це процес злиття двох статевих клітин (гамет). При цьому вони можуть бути однаковими (як наприклад, у хламідомонади) або ж відрізнятися за формою, розмірами і особливостями будови (вищі рослини, хордові тварини тощо).

Статеві клітини передають спадкову інформацію від особин батьківського покоління нащадкам. Порівняно з нестатевими (соматичними) клітинами вони мають половинний (як правило, гаплоїдний) набір хромосом. Під час злиття статевих клітин у заплідненій яйцеклітині відновлюється характерний для організмів даного виду набір хромосом.

У статевому процесі, як правило, беруть участь дві особини. У них в особливих статевих залозах формуються статеві клітини - чоловічі або жіночі. Тварини, які мають лише один тип статевих залоз, тобто чоловічі (сім'яники) або жіночі (яєчники), й утворюють лише один тип статевих клітин, називають роздільностатевими. Якщо чоловічі й жіночі статеві залози закладаються в одному організмі, здатному утворювати як чоловічі, так і жіночі статеві клітини, то таких тварин називають гермафродитами.

Рослини, у яких органи, що формують чоловічі та жіночі статеві клітини, розташовані на різних особинах, називають дводомними (зозулин льон, верба, обліпиха), а на одній особині — одностомними (наприклад, кукурудза).

Клітини багатоклітинних тварин поділяються на *соматичні* та *статеві*. Статеві клітини слугують для статевого розмноження і відрізняються від соматичних рядом ознак.

По-перше, статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом, соматичні — диплоїдний.

По-друге співвідношення об'ємів ядра та цитоплазми статевих і соматичних клітин різко відрізняється.

Ще одна відмінність гамет від соматичних клітин полягає в тому. Що змінений порівняно із соматичними обмін речовин гамет призводить до того, що зрілі гамети не здатні вступати в мітоз (без запліднення або активації).

Жіночі статеві клітини — **яйцеклітини** — відрізняються від чоловічих більшими розмірами, оскільки містять запас поживних речовин, потрібний для розвитку зародка. Яйцеклітини можуть бути оточені кількома різними оболонками. Наприклад, у птахів яйцеклітина вкрита товстою білковою оболонкою, двома тонкими підшкаралупними, твердою вапняною шкаралупою і тонким зовнішнім кутикулярним шаром у вигляді плівки. Ці оболонки виконують захисну функцію, а білкова слугує також джерелом води для зародка та поживних речовин для пташеняти. Розміри яйцеклітини залежать від кількості запасних поживних речовин у цитоплазмі.

Чоловічі статеві клітини — **сперматозоїди** — за розмірами менші за яйцеклітини. Сперматозоїди мають коротку головку, в якій міститься ядро. На передній частині головки є особлива органела (акросома), яка формується з елементів комплексу Гольджі. Вона забезпечує проникнення сперматозоїда в яйцеклітину

(виділяє ферменти, що розчиняють її оболонку) і перехід яйцеклітини від стану спокою до періоду розвитку. За головою розташована шийка, а за нею - проміжний відділ і хвіст. У шийці міститься одна або дві центріолі, а в проміжному відділі — мітохондрії, які забезпечують енергією роботу хвоста.

Питання для контролю знань

1. Що таке розмноження?
2. Які форми розмноження вам відомі?
3. Що таке нестатеве розмноження? Які його форми ви знаєте?
4. Що таке вегетативне розмноження? Які його форми вам відомі?
5. Яке біологічне значення нестатевого та вегетативного розмноження?
6. Що таке статеве розмноження?
7. В яких формах може відбуватися статевий процес?
8. Які ви знаєте особливості будови яйцеклітин і сперматозоїдів?
9. Які особини називають роздільностатевими, а які гермафродитними?
10. Що таке статевий диморфізм? Яке його біологічне значення?

Перелік використаних літературних джерел: [3], [6], [9], [10], [11].

ЛЕКЦІЯ 3. ВІДТВОРЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ. ОНТОГЕНЕЗ. ЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ТВАРИН

План

1. Онтогенез.
2. Коротка історія ембріології.
3. Ембріональний розвиток.
4. Особливості ембріогенезу анамній і амніот.
5. Трансплантація зародків.

Ключові слова: онтогенез, ембріональний період, постембріональний період, бластула, гастрюляція, дробіння, бластомери, гастрюла, ектодерма, ентодерма, імміграція, гістогенез, органогенез, диференціація, стовбурні клітини, нейруляція, нейрула, ектодерма, ентодерма, мезодерма, ембріональна індукція.

1. ОНТОГЕНЕЗ

Індивідуальний розвиток організму, уся сукупність його перетворень від зародження (запліднення яйцеклітини або поділу материнської клітини) до кінця життя називається *онтогенезом*. Цей термін був запроваджений німецьким природодослідником Е. Гегелем у 1886 р. Згідно із сучасними уявленнями, у клітині, з якої починається онтогенез організму, закладена певна програма його розвитку (спадкова інформація). У всіх клітинних організмів функцію носія спадкової інформації виконує ДНК, у неклітинних (вірусів) – ДНК або РНК. Генетичний матеріал і вплив навколишнього середовища визначають розвиток особини.

В одноклітинних організмах онтогенезом вважається *клітинний цикл* – період життя клітини від моменту її утворення до моменту закінчення акту поділу. В онтогенезі багатоклітинних організмів виділяють такі основні періоди (етапи):

- 1) *ембріональний* – розвиток до виходу організму із зародкових оболонок;
- 2) *постембріональний* – до досягнення статевої зрілості;
- 3) *дорослий стан*, включаючи старіння і смерть.

Відповідно до іншої класифікації виділяють такі етапи онтогенезу:

- 1) *передзародковий* – включає розвиток статевих клітин запліднення;
- 2) *ембріональний*;
- 3) *постембріональний*;
- 4) *репродуктивний* – період коли організм здатний розмножуватися;
- 5) *пострепродуктивний* – втрата репродуктивної функції, старіння, смерть.

Особливістю онтогенезу більшості рослин і деяких тварин є чергування статевого і нестатевого поколінь.

2. КОРОТКА ІСТОРІЯ ЕМБРІОЛОГІЇ.

Ембріологія — наука, що вивчає ембріогенез — походження і розвиток індивідуального організму. Ембріогенез являє собою складний процес, в якому знайшли відображення еволюція хребетних (*філогенез*) і індивідуальний розвиток (*онтогенез*). Онтогенез починається із запліднення яйцеклітини спермієм або є її активацією яким-небудь іншим агентом. Онтогенезу передують — прогенез — передзародковий період утворення статевих клітин — гаметогенез.

Основними етапами ембріогенезу є запліднення, дроблення, гастрюляція, закладання осьових органів і органогенез, розвиток провізорних органів (тимчасових). Завдання ембріології полягає у тому, щоб зрозуміти як виникає організм, ця структурно-функціональна та біохімічно складна система із однієї заплідненої яйцеклітини.

Прогресивний вплив на розвиток еволюційної ембріології першої половини XIX століття мали видатні дослідження К.Ф. Вольфа, Г.Х. Пандера, К.М.Бера, які заклали вчення про зародкові листки, а К.М.Бер виявив яйцеклітину.

Друга половина XIX століття позначилася знаменитими дослідженнями О.О.Ковалевського та І.І.Мечнікова. На основі величезного фактичного матеріалу їм вдалося довести, що ранні етапи розвитку безхребетних та вищих хребетних тварин відбуваються однотипно. Еволюційна теорія підтвердила єдність усього тваринного світу.

О.О.Ковалевський і І.І.Мечніков заклали основи нової науки — порівняльної ембріології, яка дала необхідні факти еволюційній теорії.

Одним із важливих напрямів еволюційної ембріології є експериментальна ембріологія, основи якої були закладені О.М.Северцевим, П.П.Івановим, Д.П.Філатовим, Г.А.Шмідтом та іншими вченими.

Розвиток сучасної ембріології тісно пов'язаний із застосуванням нових методів дослідження, серед яких важливе місце належить гістохімії, електронній мікроскопії, гістоавторадіографії, культурі тканин, мікрургії, морфометрії та ін.

Ембріологічні знання та методи мають безпосереднє прикладне значення у культивуванні яйцеклітин і зародків та імплантації їх в матку, при створенні відповідних умов, необхідних для нормальної життєдіяльності клітин, тканин і органів у різні періоди життя організму, дослідженні реакції тканин на зовнішній вплив. Особливо широкі перспективи перед практичною ембріологією відкриває розвиток досліджень щодо екології і захисту природи.

Як біологічна наука, ембріологія тісно пов'язана з анатомією, фізіологією, генетикою, біохімією, які є фундаментом медичної та ветеринарної освіти.

Ембріологія сприяє формуванню загальноосвітнього розвитку та біологічного мислення.

3. ЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК

Запліднення. Це процес злиття статевих клітин самця і самки, результатом чого є відтворення диплоїдного набору хромосом, появи якісно нової клітини — зиготи — одноклітинного організму.

Запліднення є сигналом закінчення дозрівання яйцеклітини, вона відокремлює від себе друге редуційне тільце (перше редуційне тільце відокремлюється ще до проникнення спермія в яйцеклітину).

Проникнення спермія стимулює процеси внутрішньоклітинного обміну, що пов'язано з активізацією ферментних систем яйцеклітини. Поряд з тим починається інтенсивне переміщення складових частин ооплазми з утворенням зон підвищеної концентрації жовткових гранул, органел, що називається *ооплазматичною сегрегацією*.

Після запліднення ядро спермія набрякає, збільшується в об'ємі, має гаплоїдний набір хромосом і називається пронуклеусом самця. Подібну будову має і ядро зрілого яйця, його називають пронуклеусом самки. Пронуклеуси переміщуються у центр зиготи. Центріолі, внесені сперміями, утворюють мітотичне веретено. Мембрани пронуклеусів розпадаються і хромосоми, одержані від самиці і самця, розміщуються разом в екваторіальну платівку зиготи, яка й починає ділитися (дробитися).

Дроблення. В результаті запліднення яйцевої клітини об'єднуються хромосомні набори, настає інтенсивний метаболізм. Всі ці метаболічні зрушення стимулюють мітотичне ділення зиготи, за яким настає поділ ядер і цитоплазми. Клітини, що поділилися, не ростуть, розмір їх зберігається. Кількість ДНК в ядрі подвоюється, після чергового поділу клітини зберігають диплоїдність. Через відсутність росту клітин після поділу, зигота роздрібнюється на все менші клітини. Останні називаються **бластомерами**, а площини, що їх розділяють — *борознами дроблення*.

Таким чином, дроблення — це багаторазові мітотичні поділи зиготи, в результаті яких зародок стає багатоклітинним, не змінюючи суттєво при цьому свого розміру.

Типи дроблення зиготи тісно пов'язані з вмістом у яйцеклітині поживних речовин. Розрізняють *дроблення повне рівномірне, повне нерівномірне, часткове — дискоїдальне, поверхневе*. За ознакою відносного положення бластомерів при повному дробленні розрізняють *радіальне, спіральне та білатеральне дроблення*.

В результаті дроблення утворюється бластула. Її бластоцель має вигляд різного розміру та форми порожнини. Дах бластули складається з бластомерів. Крайова зона — це клітини, що інтенсивно діляться (бластомери). Дном є нерозділений на бластомери жовток вегетативного полюса зиготи.

Бластули різних груп тварин різняться за своєю будовою, що залежить від типу дроблення, в результаті якого вони утворюються. Виділяють такі типи бластул: *целобластула, амфібластула, стеробластула, дискобластула, пери бластула*.

Гастрюляція та утворення осьових органів. Після дроблення та утворення бластули настає важлива стадія розвитку зародка — *гастрюляція*. Для гастрюляції характерний глибокий та упорядкований розподіл клітин у зародку. Вона характеризується процесами поділу і диференціюванням клітин їх перегрупованням, взаємодією та впливом одних на інших, в результаті чого із одношарового виникає трьохшаровий зародок. Його зародкові шари — *ектодерма* — зовнішній зародковий шар, *ентодерма* — внутрішній зародковий шар і *мезодерма* — середній зародковий шар.

Із зародкових шарів шляхом морфогенетичних переміщень утворюються осьові органи: нервова трубка, хордомезодермальний зачаток, кишкова трубка. Поява цих зачатків починається на стадії бластули і називається *презумптивними зачатками*. Так, дах бластули, побудований із презумптивних зачатків ектодерми та нервової трубки, дно бластули — із презумптивного зачатка — кишкової трубки, а крайова зона — із хордальної пластинки та мезодерми.

Розрізняють чотири різновиди гастрюляції:

1) *інвагінація* — вп'ячування частини бластодерми у середину зародка, що призводить до формування гастрюли з порожниною — *гастроцелем*, яка сполучається з зовнішнім середовищем отвором — *бластопором*;

2) *імміграція* — міграція в бластоцель окремих клітин бластодерми, гастрюцель при цьому не утворюється;

3) *епіболія* — обростання крупних нерухомих клітин вегетативної півкулі зародка дрібнішими клітинами його анімальної області;

4) *деламінація* — ентодерма утворюється або шляхом поділу клітин паралельно поверхні (рідкісна форма), або шляхом диференціювання первинно однорідних клітин морули (без їх поділу) на екто- та ентодерму в залежності від розміщення клітин — на поверхні або в глибині зародка.

У різних хордових гастрюляція відбувається в поєднанні кількох її різновидів, однак один із них є основним.

В процесі розвитку проходить утворення і третього, середнього зародкового шару — мезодерми.

Розрізняють три способи утворення мезодерми:

1) *телобластичний спосіб* — характерний для багатьох безхребетних у яких мезодерма утворюється із двох клітин — *телобластів*, які виокремлюються вже на стадії дроблення. В процесі гастрюляції телобласти занурюються в бластоцель і розміщуються на межі між екто- і ентодермою. Телобласти активно діляться і клітини, що при цьому виникають, врастають тяжами між зовнішнім і внутрішнім зародковими листками;

2) *ентероцельний спосіб* – у голкошкірих, ланцетника, де мезодерма утворюється по закінченню гастрюляції і відособлюється із внутрішнього зародкового листка. У цьому випадку мезодерма закладається у вигляді кишенеподібних випинів ентодерми з обох боків первинної кишки (архентерона). Порожнина мезодермальних виростів являє зачаток вторинної порожнини тіла (целома);

3) у *вищих хребетних* мезодерма утворюється в процесі гастрюляції одночасно з екто- та ентодермою. Вона вростає між цими листками у вигляді суцільного клітинного пласта.

Органогенез і гістогенез. *Органогенез* – це утворення зачатків органів та їх диференціювання в ході онто- та філогенезу багатоклітинних організмів.

Гістогенез – це усталена в філогенезі сукупність процесів, які забезпечують в онтогенезі багатоклітинних організмів утворення, існування і відновлення тканин з притаманними їм органоспецифічними особливостями.

4. ОСОБЛИВОСТІ ЕМБРІОГЕНЕЗУ АНАМНІЙ І АМНІОТ

Анамнії — тварини, у яких в процесі ембріонального розвитку не утворюються зародкові оболонки — амніон і алантоїс. До анамній належать нижчі хребетні — круглороті, риби, земноводні.

Амніоти — група класів хребетних, у яких в процесі ембріонального розвитку утворюються зародкові оболонки — амніон, алантоїс і сероза. До амніотів належать три класи наземних хребетних — плазуни, птахи, ссавці.

На відміну від анамній, розвиток яких відбувається у воді, амніоти пристосовані до розвитку на суші. Відповідно, у них відсутня личинка і замість неї формується ембріон. Формування ембріону забезпечується кількома особливостями, серед яких провідна роль належить внутрішньому заплідненню та формуванню (в яйці і навколо яйця) захисних зародкових оболонок. Завдяки цьому ембріон отримує можливість розвиватися у фактично штучному середовищі зі стабільними умовами. Все це є однією з форм турботи про нащадків і стало основою поширення амніот у віддалених від води середовищах існування. Крім того, на цій основі сформувався така особливість частини амніот, як живородіння.

5. ТРАНСПЛАНТАЦІЯ ЗАРОДКІВ

Знання законів внутрішньоутробного розвитку тварин дало змогу в останні роки розробити технологію трансплантації ембріонів, що знайшло значне поширення у скотарстві, вівчарстві, свинарстві. Застосування його створило умови для ведення роботи в плані підвищення продуктивності тварин, поліпшенні природних ознак тварин та ін.

Для проведення трансплантації ембріонів відбирають зародки на стадії дроблення або яйцеклітини та спермії, які інкубують на спеціальних живильних середовищах, де вони зливаються, утворюється зигота і відбуваються початкові етапи ембріогенезу. Після цього підсаджують у матку реципієнта, де здійснюється його подальший розвиток.

Питання для контролю знань

1. Що таке гаметогенез?
2. Які особливості сперматогенезу та овогенезу у хребетних тварин?
3. Що таке запліднення? Яке його біологічне значення?
4. Які форми запліднення трапляються у тварин?
5. Які форми запліднення відомі у рослин?
6. Що таке дробіння?
7. Які типи дробіння вам відомі?
8. Що таке бластула? Яка її будова?
9. Що таке гастрюла? Яка її будова?
10. Якими способами може утворюватись гастрюла?

ЛЕКЦІЯ 4. ВІДТВОРЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ. ПОСТЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ

План

1. Способи відтворення потомства.
2. Постембріональний розвиток.

Ключові слова: постембріональний розвиток, прямий і непрямий розвиток, ембріонізація, метаморфоз, функції прямого і непрямиого розвитку, ріст організмів, обмежений ріст, безперервний та періодичний ріст, регенерація необмежений ріст.

1. СПОСОБИ ВІДТВОРЕННЯ ПОТОМСТВА

У тваринному світі відомо три способи відтворення потомства: *яйцеродіння*, *яйцеживородіння* і *живородіння*.

Яйцеродінням називається такий спосіб відтворення, за якого розвиток зародка відбувається поза тілом самки – у зовнішньому середовищі, під захистом яйцевих оболонок. Яйцеродіння характерне для більшості безхребетних, круглоротих, риб, амфібій, рептилій, птахів і деяких ссавців.

У разі *яйцеживородіння* зародок розвивається в материнському організмі, харчується безпосередньо від нього за допомогою спеціальних пристосувань (виростів жовткового містка тощо). *Живородіння* характерне для деяких червів, членистоногих, молюсків, багатьох акул, черепах, деяких ящірок, змій, переважної більшості ссавців взаємодія зародка з материнським організмом досягла найбільшої складності. У цих тварин з хоріона та судин алантоїса за участю слизової оболонки матки розвивається *плацента* - орган, через який здійснюється обмін газами та поживними речовинами між матір'ю та плодом. Тому по відношенню до плацентарних ссавців часто говорять про *істинне живородіння*.

Термін «живородіння» іноді вживають щодо рослин, у яких насіння проростає на материнській рослині в ще незрілих плодах. Так, у мангрових дерев з плоду, що зав'язався, з'являється проросток із зачатком кореня, досягнувши довжини 50-70 см, він обпадає і відразу ж закріплюється у мулистому ґрунті.

2. ПОСТЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК

Постембріональний розвиток – період онтогенезу після народження або виходу із зародкових оболонок до настання статево зрілості. У цей період відбуваються ріст і розвиток організму, диференціювання тканин і органів (наприклад статевих залоз у ссавців).

Тривалість постембріонального розвитку може включати основні процеси органогенезу, росту і диференціювання (наприклад, у кенгуру) або тільки ріст організму і диференціювання органів, які пізніше дозрівають, наприклад, статевих залоз і вторинних статевих ознак. Тривалість постембріонального розвитку людини складає 13-16 років. У багатьох тварин постембріональний розвиток включає стадії метаморфозу.

Безпосередньо після народження у більшості багатоклітинних організмів йде *період росту*.

Ріст – збільшення розмірів і маси особини за рахунок збільшення кількості клітин та їх розтягування.

Ріст багатоклітинного організму, що починається з однієї клітини, можна розділити на три стадії:

- 1) *поділ клітин (гіперплазія)* – збільшення числа клітин в результаті мітозів;
- 2) *ріст клітин (гіпертрофія)* – незворотне збільшення розмірів клітин в результаті поглинання води або синтезу протоплазми;
- 3) *диференціювання клітин* – їх спеціалізація (ріст у широкому розумінні включає також і цю стадію розвитку клітини).

Всі стадії росту пов'язані з біохімічною активністю, особливо важлива роль належить білковому синтезу. Зміни, що проходять на клітинному рівні, призводять до зміни загальної форми і структури як окремих органів, так і організму в цілому – процес, що називається *морфогенезом*.

Ріст може бути позитивним або негативним. *Позитивний* ріст буває тоді, коли анаболізм переважає над катаболізмом, а *негативний* – коли катаболізм переважає над анаболізмом.

Розрізняють такі типи росту: *ізометричний* і *алометричний*; *обмежений* і *необмежений*.

Ізометричний ріст - ріст, при якому даний орган росте з такою ж середньою швидкістю, як і інше тіло. Тобто відносні розміри двох структур (органу і організму в цілому) залишаються попередніми. Такий тип росту характерний для риб і для комах з неповним перетворенням, наприклад саранових.

Алометричний ріст – ріст, при якому даний орган росте з іншою швидкістю, ніж все тіло. В цьому випадку ріст організму веде до зміни його пропорцій. Такий тип росту характерний для ссавців, і він ілюструє істотну залежність між ростом і розвитком.

У разі *обмеженого типу* ріст припиняється після досягнення певного віку (більшість ссавців, комах, птахи). У разі *необмеженого типу* росту особини ростуть упродовж усього життя (молюски, риби, рослини). Процесу росту часто властива періодичність (сезонна, добова тощо) – *переривчастий ріст*. Так, у рослин помірних широт ріст у зимовий час припиняється, а навесні поновлюється.

У рослин і багатьох тварин ріст можна призупинити штучно, діючи на них хімічними сполуками, які перешкоджають поділу клітин або гальмують обмін речовин.

Тип росту особин кожного виду визначається спадково і залежить від регуляційних механізмів організму, дії чинників навколишнього середовища тощо. У тварин ріст регулюють насамперед гормони та нейрогормони, у рослин - фітогормони.

Розвиток. Післязародковий розвиток тварин може бути *прямим або непрямим*. У разі *прямого розвитку* новонароджені тварини мають основні риси організації дорослої особини та відзначаються меншими розмірами та не цілком розвиненими статевими залозами. Постембріональний розвиток зводиться до росту та досягнення статево зрілості (прісноводна гідра, багато нематод, більшість хребетних). Прямий розвиток можливий завдяки ембріонізації. Ембріонізація — явище, коли зародковий період подовжується за рахунок живлення зародка поживними речовинами материнського організму (плацентарні ссавці, деякі хрящові риби) або яйця (плазуни, птахи).

Біологічне значення ембріонізації розвитку полягає в тому, що народжується або вилуплюється з яйцевих оболонок тварина на вищому рівні розвитку. Це зменшує вразливість організму при дії зовнішніх чинників. У плацентарних ссавців, деяких сумчастих, акул, скорпіонів одна із зародкових оболонок зростається зі стінками розширеної частини яйцепроводів (матки). Через стінки цього органа до зародка надходять поживні речовини та кисень і виводяться продукти обміну речовин та вуглекислий газ. Процес появи на світ такого зародка називають справжнім живонародженням.

Прямий розвиток характерний також для деяких кишковопорожнинних (гідри), малощетинкових червів, деяких ракоподібних (дафнії, річковий рак), павуків, деяких молюсків (прісноводні та наземні черевоногі, головоногі), хрящових риб, плазунів, птахів, ссавців.

У разі *розвитку з перетворенням (метаморфозом)* з яйця виходить личинка, яка зазвичай за складом значно простіша за дорослий організм, але має спеціальні личинкові органи, які у дорослому стані відсутні (більшість безхребетних і деякі хребетні тварини – ланцетник, міноги, дводишні риби, земноводні).

Личинка - фаза післязародкового розвитку багатьох безхребетних (більшість кишковопорожнинних, плоских, круглих і кільчастих червів, молюсків, комахи, голкошкірі тощо) і деяких хребетних (ланцетники, кісткові риби, земноводні тощо) тварин, у яких запаси поживних речовин в яйці недостатні для завершення процесів формування органів та їхніх систем, притаманних дорослій особині.

Глибоке перетворення будови організму, у процесі якого личинка перетворюється на дорослу особину, називається *метаморфозом*. У багатьох комах (бабки, таргани, богомоли, терміти) личинка подібна до дорослої комахи; зміни в організації супроводжуються в основному поступовим розвитком крил. У цьому випадку говорять про *розвиток з неповним перетворенням*.

У більшості комах (жуки, лускокрилі, перетинчастокрилі) личинка червоподібна та не подібна на імаго ні зовнішнім виглядом, ні внутрішньою будовою, ні способом

живлення. Тому перехід від личинкової стадії до імаго здійснюється через стадію лялечки. У цьому випадку говорять про *розвиток з повним перетворенням*.

Непрямий тип розвитку забезпечує кілька важливих *біологічних функцій*, які сприяють існуванню виду.

Живильна функція. На певній фазі розвитку тварина отримує найбільше поживних речовин, потрібних для завершення розвитку.

Раціональне використання ресурсів. Різні фази розвитку часто розділені просторово, як за способом, так і об'єктами живлення. Так удається уникнути надмірного зростання густоти популяції, що могло б призвести до виснаження ресурсів, необхідних для існування виду.

Функція розселення. Личинки багатьох тварин, які ведуть малорухомий чи прикріплений спосіб життя (губки, коралові поліпи, двостулкові молюски, ланцетники, вусоногі ракоподібні тощо), здатні активно чи пасивно (за допомогою течій, вітру, інших організмів) розселюватись, забезпечуючи поширення виду.

Забезпечення зараження хазяїв. Личинки паразитичних видів потрапляють різними шляхами в організм хазяїна. В організмі хазяїна вони мігрують до певних тканин чи органів, де завершується їхній розвиток.

Личинки деяких видів (ракоподібних, павукоподібних, земноводних) здатні розмножуватися. Ця властивість дістала назву *неотенії*. Здатність до неотенії має пристосувальне значення для тих видів тварин, у процесі індивідуального розвитку яких відбувається зміна середовища проживання. Якщо умови існування дорослої стадії у край несприятливі, збільшення кількості личинок підвищує шанси виживання популяції.

Відновлення і регенерація. Коли організм досягає своїх кінцевих розмірів, ріст клітин не зупиняється. Втрата або пошкодження клітин і тканини в результаті старіння, захворювань, нещасних випадків або нападання інших організмів може стимулювати поділ і диференціювання клітин, що призводить до загоювання ран, відновлення і заміщення пошкоджених тканин.

Регенерацією називають заміщення частин організму, втрачених або ушкоджених частин, а також відтворення цілісного організму з певної його частини. Здатність рослин до регенерації лежать в основі вегетативного розмноження.

У тварин здатність до регенерації втрачених структур залежить від складності їх організації. З підвищенням рівня організації організмів здатність до регенерації зменшується.

Регуляція росту і розвитку. Процес росту і розвитку даного організму визначається інформацією, яка міститься в його ДНК. Ріст, однак, являє собою результат взаємодії між ДНК і факторами внутрішнього і зовнішнього середовища організму. До важливих зовнішніх факторів відносяться їжа, світло, тепло і вода. Внутрішнє середовище створюється такими речовинами, як гормони, цитоплазматичні білки, які прямо або опосередковано впливають на експресію генів. Зовнішні фактори можуть здійснювати вплив і на внутрішнє середовище; наприклад, за відсутності в харчовому раціоні йоду організм людини не здатен виробляти гормон тироксин, що призводить до уповільнення росту.

Стан спокою. В життєвому циклі багатьох рослин і тварин спостерігаються періоди, коли метаболічна активність знижується до мінімуму і ріст зупиняється. Це періоди *спокою*. Період спокою настає під впливом змін, що відбуваються у зовнішньому середовищі; його біологічна роль полягає у тому, щоб надати можливість виду пережити час, коли постачання енергією недостатнє для нормального росту і метаболізму.

Більшість рослин тропічних і помірних широті всі арктичні рослини реагують на зміну освітленості, температури і вологості переходом у стан спокою.

У тварин відомі *три форми спокою*, в яких приймають участь фізіологічні адаптації, які дозволяють переносити екстремальні зовнішні умови.

Діапауза – це свого роду зупинка розвитку, яка спостерігається у комах, але цим терміном позначають також період спокою, характерний для цист найпростіших і для зимуючих яєць багатьох прісноводних організмів. Діапауза характеризується різким зниженням інтенсивності метаболізму клітин. *Облігатна діапауза* - розвиток обов'язково супроводжується діапаузою. *Факультативна діапауза* – спостерігається лише при виникненні несприятливих умов.

Літня сплячка (естивація) – це особливий стан спокою, що спостерігається у деяких риб і амфібій в періоди жаркої сухої погоди.

Зимова сплячка (гібернація) – це стан відносно низької метаболічної активності, пов'язаний з періодом низьких температур. Така сплячка дає можливість багатьом видам амфібій, рептилій, птахів і ссавців переживати періоди нестачі їжі, знижуючи енергетичні потреби до мінімального рівня.

Це має особливо важливе значення для гомойотермних тварин, яким для підтримання високої температури тіла необхідна висока інтенсивність метаболізму.

Старіння і смерть організмів. *Старіння* – закономірний процес вікових змін, що веде до зниження адаптаційних можливостей організму, збільшення ймовірності смерті. Старіння властиве всім організмам і перебігає на молекулярно-генетичному, клітинному, тканинному, органному рівнях організації живого.

Смерть – припинення життєдіяльності організму. Основним біологічним сенсом смерті можна вважати підтримання колообігу речовин та енергії в біосфері.

Питання для контролю знань

1. Які способи відтворення потомства ви знаєте?
2. Що таке постембріональний розвиток?
3. Що таке ембріонізація розвитку?
4. Які функції, необхідні для процвітання виду, виконують личинкові фази розвитку?
5. Назвіть групи тварин, яким притаманний прямий та непрямий розвиток.
6. Що таке ріст?
7. Які види росту вам відомі?

8. Що таке регенерація?
9. Які типи регенерації вам відомі?
10. В чому полягає біологічне значення прямого і непрямого розвитку тварин?
11. Як відбувається регуляція росту і розвитку організму?
12. У чому біологічне значення регенерації?
13. В чому полягає процес старіння?
14. Яке біологічне значення смерті організму?

Перелік використаних літературних джерел: [1], [6], [7], [9], [12].

ЛЕКЦІЯ 5. БІОСФЕРА, ЇЇ СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ

План

1. Історія розвитку вчення про біосферу.
2. Структура та властивості біосфери.
3. Колообіг речовин і енергії в біосфері.
4. Ноосфера.
5. Вплив діяльності людини на біосферу.

Ключові слова: біосфера, літосфера, гідросфера, атмосфера, тропосфера, стратосфера, північне сяйво, озоновий екран, ноосфера, жива речовина біосфери, біогенна та абіогенна міграція хімічних елементів, кругообіг води, кисню, вуглецю, азоту у біосфері, вивітрювання гірських порід.

1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ВЧЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ

У ХХ столітті надзвичайно розширилося коло знань про явища і процеси, що відбуваються у світі. Разом з тим людство вперше почало відчувати не тільки масштаби власної діяльності, а й свою залежність від стану навколишнього середовища. Тому в центрі уваги сучасного природознавства опинився глобальний взаємозв'язок і взаємообумовленість природних явищ, а основною тенденцією його розвитку став синтез досягнень окремих наук.

Найбільш яскраво тенденція до синтезу проявилась у взаємозв'язку та взаємопроникненні наук про живу і неживу природу. У результаті цього виникло *вчення про біосферу* – особлива наука, що використовує досягнення і термінологічний апарат двох суміжних наук – географії та біології і, в свою чергу, впливає на розвиток геології.

Засновником науки про біосферу був видатний український вчений Володимир Іванович Вернадський (1863-1945).

Термін «біосфера» увійшов у науку майже випадково. У 1875 році австрійський геолог Едуард Зюсс (1831-1914), говорячи про різні оболонки земної кулі, вперше вжив цей термін в книзі про походження Альп, не давши йому точного визначення. Ламарк наблизився до поняття біосфера як про «область життя». Принциповий внесок у розробку поняття біосфери зробили праці німецького природодослідника Олександра Гумбольда (1769-1859) – зумів вперше поглянути на Землю як на єдине

ціле. Цей глобальний підхід розвинув у своїй фундаментальній праці «Космос», над якою працював усе своє життя. Безпосереднім попередником Вернадського та його вчителем був засновник сучасного вчення про ґрунтознавство Василь Васильович Докучаєв (1846-1903), що першим усвідомив небезпеку роздрібнення науки про природу на безліч окремих дисциплін.

Творчо розвинувши ідеї своїх попередників – Ламарка, Гумбольдта, Докучаєва та використавши по суті не узаконений термін Зюсса, Вернадський запропонував принципово новий підхід до явищ життя.

2. СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ БІОСФЕРИ

Біосфера – це особлива зовнішня оболонка Землі, склад, структура і енергетичний потенціал якої визначається спільною діяльністю живих організмів, тобто це область поширення життя.

На думку Вернадського, біосфера не є окремою єдиною оболонкою Землі, це лише частина її геологічних оболонок, населених живими організмами. Живі організми поширені у верхніх шарах літосфери, нижніх атмосфери і по всій глибині гідросфери. У глиб літосфери живі організми можуть проникати на відносно незначні відстані (наприклад, на глибині 2—4 км переважно в нафтоносних пластах можуть мешкати лише деякі групи бактерій). Проникнення живих істот у глиб літосфери обмежене високою температурою (понад +100° С) гірських порід і підземних вод на глибинах 1,5—15 км. Поширення організмів в атмосфері (переважно спор і цист мікроорганізмів) обмежене озоновим екраном, оскільки вище нього майже все живе гине під дією космічного випромінювання.

Тож найбільшу концентрацію живих організмів спостерігають там, де умови їхнього існування найсприятливіші: на межі окремих геологічних оболонок Землі: літосфери і атмосфери, атмосфери і гідросфери, літосфери і гідросфери.

Отже, біосфера - це сукупність усіх біогеоценозів Землі, єдина глобальна екосистема вищого порядку.

Біосфера включає такі компоненти:

- *живу речовину (біомасу)* – сукупність всіх живих організмів (мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин);

- *біогенну речовину* – мінеральні або органічні речовини, створені в результаті життєдіяльності живих організмів (газ, нафта, кам'яне вугілля, вапняки, трепел і т.д.);

- *косну речовину* – речовини, які формуються без участі живих організмів (в результаті вулканізму, геотектонічних процесів, падіння метеоритів тощо);

- *біокосну речовину* – створюється живими організмами разом з неживою природою (ґрунти).

Біомаса, або жива речовина, - сукупність всіх організмів Землі. Біомаса на Землі розподіляється нерівномірно: вона збільшується від полюсів до екватора, що визначається особливостями клімату; найбільшої щільності біомаса досягає в місцях контакту оболонок Землі – атмосфери, гідросфери і літосфери. Біомаса суші у 1000 разів перевищує біомасу океану.

Причина розповсюдження біомаси – розмноження організмів, завдяки якому створюються тиск життя і щільність життя.

Тиск життя визначається швидкістю розселення організмів. Наприклад, чисельність деяких бактерій збільшується удвічі кожні 22 хв. Якби на Землі склалися сприятливі умови лише для будь-якого одного виду, то його потомство за короткий проміжок часу заселило б всю планету, зокрема бактеріям холери для цього потрібно 1,25 діб, кімнатній мусі – 1 рік, щурам – 8 років.

Щільність життя визначається розмірами організмів і необхідною для них площею. Наприклад, слону для нормального існування необхідні 30 км², трав'яним рослинам – 30 см², бджолі – 200 м².

Біосфера включає три основні оболонки Землі: атмосферу, гідросферу і верхню частину літосфери. Межі біосфери визначаються абіотичними чинниками, які обмежують існування живих організмів. Верхня межа біосфери проходить на висоті близько 20 км над поверхнею Землі і залежить від озонового шару, який затримує ультрафіолетове випромінювання. У гідросфері життя знайдене на всіх глибинах Світового океану – до 10 км. У літосфері живі організми трапляються до глибини 3,5-7,5 км, що залежить від температури земної кори і рівня проникнення рідкої води.

Літосфера - зовнішня тверда оболонка планети завтовшки 50-200 км. Включає земну кору і верхню частину мантії. Життя в літосфері головним чином зосереджене в її верхньому родючому шарі – ґрунті, глибина якого не перевищує декількох метрів.

Гідросфера, або водна оболонка Землі, займає близько 70% її поверхні. Найбільші запаси води зосереджені у Світовому океані (до 95%), інші 5% - це прісні водойми (озера, річки тощо). Ця оболонка може бути завтовшки понад 11 км. У воді мешкає величезна кількість живих організмів, причому їх типова різноманітність є значно більшою, ніж на суші. Стан гідросфери – найважливіший чинник, котрий визначає кліматичні умови різних географічних областей.

Атмосфера, або газова оболонка Землі, розташована над поверхнею літосфери і гідросфери. Складається із суміші нітрогену, оксисену, вуглекислого газу, озону та інертних газів. Вона впливає на фізико-хімічні і біологічні процеси на поверхні Землі та у водному середовищі: кисень необхідний всім живим організмам для дихання; вуглекислий газ – джерело карбону для фотосинтезу і хемосинтезу; нітроген в результаті діяльності азот фіксуючих бактерій переходить у форму нітратів, придатних для засвоювання рослинами.

Нижню частину атмосфери заввишки до 15-18 км (у помірних широтах - до 8-12 км) називають *тропосферою*. Тут міститься зважена в повітрі водяна пара. Внаслідок нерівномірного нагрівання поверхні Землі вона формує хмари, здатні пересуватись на значні відстані. Температура тропосфери, особливо її нижніх шарів, непостійна.

Над тропосферою розташована *стратосфера* заввишки 80 км. Біля верхньої межі цього шару виникає північне сяйво (свічення газів, спричинене потоком електричне заряджених частинок, які випромінює Сонце). В атмосфері на висотах між 7—8 км (над полюсами), 17—18 км (над екватором) і 50 км сформувався особливий озоновий екран. До його складу входить озон (O₃), який утворився під дією сонячної радіації з кисню (O₂). Озоновий екран має виняткове значення для існування наземних біогеоценозів і біосфери в цілому, оскільки відбиває

короткохвильове ультрафіолетове сонячне випромінювання, яке згубно діє на живу матерію.

У межах біосфери жива речовина розподілена нерівномірно. У високих шарах атмосфери, у глибині гідросфери і літосфери живі організми трапляються зрідка. Життя переважно зосереджене на межі цих трьох середовищ. Біомаса мешканців суші на 99,2% представлена рослинами і лише 0,8% складають гриби, тварини і мікроорганізми. У Світовому океані це співвідношення змінюється: частка рослин становить 6,3% біомаси, тварин і мікроорганізмів – 93,7%.

Маса живої речовини становить близько 0,01-0,02% від косої речовини біосфери, проте живі істоти відіграють провідну роль у геохімічних процесах на планеті. Діяльність живих організмів є основою, що забезпечує кругообіг речовин у природі. Щорічна продукція живої речовини в біосфері становить близько 232 млрд. т сухої органічної речовини. Вона постійно перетворюється і розкладається, забезпечуючи у такий спосіб всі живі організми необхідними для обміну речовинами.

У біосфері жива речовина виконує ряд важливих функцій: газову, окислювально-відновну і концентраційну.

Функції живої речовини. Жива речовина біосфери безпосередньо впливає на формування вигляду Землі, виконуючи ряд важливих функцій.

Газова функція живої речовини полягає в тому, що живі істоти в процесі своєї життєдіяльності впливають на газовий склад атмосфери, Світового океану і ґрунту. Аеробні організми в процесі дихання поглинають із довкілля кисень і виділяють туди вуглекислий газ. Рослини і ціанобактерії в процесі фотосинтезу, навпаки, поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень. Деякі організми (наприклад, певні групи бактерій) можуть впливати на концентрацію в довкіллі й інших газів (метану, сірководню, азоту тощо).

Концентраційна функція полягає у поглинанні живими істотами з довкілля і накопиченні у своєму організмі певних хімічних елементів. Так, молюски, форамініфери, десятиногі раки, хребетні тварини накопичують у своїх організмах сполуки кальцію; радіолярії і діатомові водорості — сполуки силіцію тощо.

Окиснювально-відновна функція живої речовини полягає в тому, що за допомогою живих організмів у атмосферному повітрі, воді та ґрунті окислюються чи відновлюються певні хімічні сполуки. Наприклад, залізобактерії здатні окислювати сполуки заліза, денітрифікуючі — відновлювати нітрати і нітроти до молекулярного азоту чи його оксидів.

Основні властивості біосфери:

- 1) безперервність розвитку органічного світу;
- 2) мозаїчність будови (біосфера складається з окремих екосистем);
- 3) швидке відновлення живої речовини;
- 4) колообіг хімічних елементів, що входять до складу живих організмів.

3. КОЛООБІГ РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ В БІОСФЕРІ

Здійснення живою речовиною нашої планети своїх функцій пов'язане з міграцією атомів у процесі колообігу речовин у біосфері. В ній постійно відбувається колообіг усіх хімічних елементів, які входять до складу живих істот. Міграцію

хімічних елементів з участю організмів називають біогенною, що відбувається поза ними - абіогенною.

Найважливіша функція біосфери - біотичний колообіг хімічних елементів.

Біотичний колообіг хімічних елементів – це постійна циркуляція речовин між ґрунтом, гідросферою, атмосферою та живими організмами. Він відбувається за участю всіх живих організмів, які населяють Землю. Завдяки колообігу можливе існування та розвиток життя за обмеженого запасу речовин, необхідних для забезпечення життєдіяльності.

Головним джерелом енергії, що забезпечує колообіг речовин на Землі, є Сонце. Потік енергії Сонця складає 1024 кДж/год. Близько 42% цієї енергії відбивається в космос; 58% поглинається атмосферою і ґрунтом, з них 20% випромінюється у вигляді теплоти, а 10% витрачається на випаровування води.

Вода - найпоширеніша хімічна сполука в біосфері. Сумарні запаси води нашої планети становлять приблизно 1,5 млрд. км³. Вода може перебувати не лише в рідкому, а й у твердому (лід) чи газоподібному станах. Водяна пара надходить в атмосферу внаслідок випаровування з поверхні водойм, живими організмами тощо. З атмосфери вода випадає у вигляді дощу або снігу. Це може відбуватись поблизу місця випаровування або ж за тисячі кілометрів від нього. Перебування молекул води в атмосфері триває від кількох годин до тижнів.

Вода поглинається живими організмами і включається в їхній обмін речовин: реакції синтезу, гідролізу тощо. Організми виділяють воду в довкілля з продуктами обміну речовин, у процесі дихання, випаровування.

Близько 0,1-0,2% сонячної енергії, що досягла поверхні Землі, використовується рослинами у процесі фотосинтезу. Ця енергія дуже мала порівняно з тією, яка йде на випаровування води або нагрівання земної поверхні, але робота з переміщення хімічних елементів, яка здійснюється завдяки їй, величезна.

Відомо, що кисень відіграє в біосфері виняткову роль. Споживаючи кисень у процесі дихання, організми забезпечують свої енергетичні потреби. Але молекулярний кисень у надлишковій кількості небезпечний для живої матерії, оскільки здатний окислювати органічні сполуки клітини. Тому живі організми мають захисні системи, здатні зв'язувати вільний кисень. Атмосферний і розчинений у воді кисень здатний окислювати і неорганічні сполуки Землі.

Колообіг карбону. Карбон, як відомо, входить до складу органічних сполук, що постійно синтезуються, перетворюються і розщеплюються всіма організмами. Єдиним джерелом вуглецю, який використовується автотрофними організмами для синтезу органічної речовини, є вуглекислий газ CO₂, що входить до складу атмосфери або розчинений у воді. У процесі фотосинтезу CO₂ засвоюється зеленими рослинами – *продуцентами*, перетворюється на органічні речовини (вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти), які переходять по ланках ланцюгів живлення до консументів і редуцентів. Гниття рослинних і тваринних решток за обмеженого доступу повітря і під тиском приводить до утворення пластів кам'яного вугілля, торфу, нафти. Повернення CO₂ в атмосферу відбувається внаслідок дихання, бродіння та спалювання палива.

Колообіг нітрогену. Основними формами нітрогену на Землі є газоподібний молекулярний азот атмосфери та зв'язаний азот літосфери. Азот атмосфери не засвоюється вищими рослинами, але може переходити в доступну для них форму завдяки діяльності азот фіксуєчих бактерій.

Азот, поглинений рослинами у складі розчинних солей, включається у структуру амінокислот, нуклеотидів, коферментів, хлорофілу й інших сполук. Із тканини рослин у складі нітрогенвмісних органічних сполук азот потрапляє в організм тварин. Під час розпаду білків і амінокислот він виводиться у вигляді сечовини, сечової кислоти або амоніаку.

Діяльність денітрифікуючих бактерій, у протилежність фіксаторам, спрямована на перетворення нітратів і нітритів на вільну форму – N_2 . Цей азот повертається в атмосферу.

Колообіг фосфору. Основні запаси фосфору містяться в гірських породах, які поступово віддають свої фосфати наземним біогеоценозам. Фосфати споживаються рослинами (продуцентами) й використовуються ними для синтезу органічних речовин. В організм первинних консументів фосфорвмісні сполуки (АТФ, фосфатна кислота, нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди) потрапляють із тканин рослин. Вторинні консументи отримують фосфор унаслідок поїдання первинних. Унаслідок розкладання мертвих організмів бактеріями (редуцентами) фосфати повертаються в ґрунт і знову використовуються рослинами. Частина фосфатів виноситься в гідросферу, де забезпечує розвиток планктону й існування харчових ланцюгів, що залежать від нього. Частина фосфору гідросфери може повернутися на суходіл по харчових ланцюгах.

Колообіг сульфору. Сірка залягає у вигляді руди на суходолі та в глибоководних відкладеннях. У доступну для засвоєння рослинами форму (сульфати) сірку переводять бактерії, що використовують енергію окиснення сульфуровмісних сполук для синтезу АТФ. У рослинах сірка сульфатів включається до складу амінокислот (цистеїн, метіонін), ацетил-КоА, вітамінів – біотину (вітамін Н), тіаміну (вітамін B_1). В організм тварин сірка потрапляє з тканинами рослин у вигляді сульфатів у складі сульфуровмісних органічних речовин. Органічна сірка з рослинними та тваринними рештками потрапляє в ґрунт і водойми й завдяки діяльності редуцентів перетворюється на сірководень (H_2S). Велика частина сірководню окислюється бактеріями до вільної сірки та сульфатів. Останні накопичуються у ґрунті та знову поглинаються рослинами.

Ґрунт – це біогеоценоз, який становить собою розпушений верхній шар земної кори, що змінюється атмосферою та живими організмами, який постійно поповнюється органічними рештками.

Особливе значення має основа ґрунту – перегній, товщина якого в підзолистих ґрунтах складає 5-10 см, а в чорноземі – 1-1,5 м.

У ґрунті проходять процеси зміни речовин. Дощові та снігові води поставляють кисень і розчиняють мінеральні солі. Частина розчинів виноситься в річки і океани. Ґрунт випаровує ґрунтову воду, яка піднімається по капілярах між її частинками, внаслідок чого відбувається колообіг розчинів і випадання солей у різних ґрунтових горизонтах.

У ґрунті здійснюється газообмін. Уночі, внаслідок охолодження, гази стискаються, і в ґрунт проникає більша кількість повітря. Кисень повітря поглинається рослинами і тваринами і входить до складу органічних сполук. Азот повітря засвоюють азот фіксуючі бактерії. Удень унаслідок нагрівання ґрунту виділяються вуглекислий газ, сірководень, амоніак. Усі процеси, що відбуваються у ґрунті, пов'язані з колом обігом речовин у біосфері.

Без різноманітного світу живих істот, які населяють ґрунт, його формування було б неможливе. А відсутність ґрунту унеможливила б формування і функціонування наземних біогеоценозів.

Вплив мешканців ґрунту, а також вітру, води, повітря і кліматичних факторів забезпечує перебіг процесів ґрунтоутворення. Під час цих процесів відбуваються складні перетворення і переміщення різноманітних сполук у верхньому шарі літосфери. Процеси ґрунтоутворення сприяють збереженню і підвищенню родючості ґрунтів — здатності забезпечувати потреби рослин в елементах живлення, воді, а також кисні, необхідному для дихання їхніх підземних частин.

4. НООСФЕРА

Ще в першій половині ХХ століття В.І. Вернадський передбачав, що біосфера поступово розвиватиметься у ноосферу. Спочатку він розглядав ноосферу як особливу оболонку Землі, яка розвивається поза біосферою. Але згодом він дійшов висновку, що ноосфера — це новий стан біосфери, за якого визначальним фактором стає розумова діяльність людини. За В.І. Вернадським, під впливом наукової думки і людської праці біосфера поступово переходить у свій новий стан — *ноосферу*. Людство все більше відрізняється від інших компонентів біосфери як нова надпотужна геологічна сила. Завдяки науковій думці, втіленій у технічних досягненнях, людина опановує ті частини біосфери, куди раніше не проникала.

Ноосфері як якісно новому етапу в розвитку біосфери властивий тісний зв'язок законів природи і факторів, які визначають розвиток людського суспільства. Цей зв'язок опирається на науково обґрунтоване раціональне використання природних ресурсів, яке передбачає відновлюваність колаобігу речовин і потоків енергії в окремих біогеоценозах і біосфері загалом.

Отже, *ноосфера* — це якісно нова форма організації біосфери, яка формується внаслідок її взаємодії із людським суспільством і передбачає гармонійне співіснування природи і людини.

5. ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ НА БІОСФЕРУ

Ще на зорі існування людства люди вибірково винищували деякі види тварин у кількості, більшій, ніж це було необхідно для харчування. Приручення і одомашнення тварин, землеробство привели до серйозних зрушень у біосфері. Природні біогеоценози змінилися штучними, почалося перетворення ландшафтів. Ера науково-технічної революції, що почалася понад 100 років тому, супроводжується швидкою перебудовою всієї природи, змінами тваринного і рослинного світу. У наш час людство стоїть перед реальною загрозою екологічної кризи — такого стану середовища, яке стає несприятливим для життя.

Ерозія ґрунтів – одна з найскладніших глобальних проблем, яка загрожує майбутньому біосфери. Через неї щороку втрачаються мільйони гектарів орних земель.

Підвищення рівня ґрунтових вод – у результаті зрошування оброблюваних земель. Вода, яка використовується для зрошування, просочується в ґрунт і накопичується. Це викликає не тільки затоплення коренів рослин, що перешкоджає їх росту, але й засолювання ґрунту.

Використання корисних копалин – неможливо відновити викопне паливо за осяжний проміжок часу. Ера викопного палива наближається до завершення (вугілля, нафта, газ).

Забруднення атмосфери. Внаслідок спалювання викопного палива в атмосферу виділяються вуглекислий газ та інші компоненти. Наслідком швидкого зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері може стати підвищення температури на Землі через парниковий ефект.

Сірка, що міститься у вигляді домішок у викопному паливі, належить до ряду найнебезпечніших забруднювачів повітря. Вимиті дощами з атмосфери сполуки сірки підвищують кислотність дощової води.

Реагуючи у присутності ультрафіолетового випромінювання з оксидами Нітрогену, вуглеводні утворюють фотохімічний смог.

Забруднення гідросфери. Забруднення водоймищ промисловими та транспортними відходами й отрутохімікатами, мінеральними добривами. Ці речовини викликають загибель риби, накопичуються в мулі та тканинах організмів, які складають харчові ланцюги.

Знищення тварин і рослин внаслідок промислової і сільськогосподарської діяльності, які витісняють тварин і рослин з їх природного середовища існування. Пристосування, вироблені ними за мільйони років до певних умов, стають неефективними, наслідком чого є вимирання видів.

Питання для контролю знань

1. Навіть оболонки нашої планети. Які їхні межі?
2. Що таке біосфера? Які її межі?
3. Що таке ноосфера? Чим вона характеризується?
4. Що собою являє жива речовина біосфери? Які її властивості?
5. Що таке озоновий шар? Яке його значення для функціонування біосфери?
6. Яким чином відбувається колообіг води в біосфері?
7. Як відбувається колообіг кисню в біосфері?
8. Охарактеризуйте роль живих організмів у коло обігу вуглецю.
9. Як відбувається колообіг азоту в біосфері?
10. Що таке нітрифікація та денітрифікація?
11. Які організми беруть участь у процесах ґрунтоутворення?
12. Що таке гумус? Яка його роль у забезпеченні родючості ґрунтів?
13. Що таке ерозія ґрунтів? Які причини цього явища?
14. Що таке пестициди? Як вони впливають на довкілля?
15. Що таке ноосфера?

Перелік використаних літературних джерел: [1], [6], [7], [9], [12].

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

ЛЕКЦІЯ 6. ЕВОЛЮЦІЙНЕ ВЧЕННЯ. ТЕОРІЇ ЕВОЛЮЦІЇ.

План

1. Історія розвитку еволюційної теорії
2. Додарвінівський період. Теорія еволюції Карла Ліннея і Жана Батиста Ламарка.
3. Чарлз Дарвін і його еволюційне вчення.
4. Криза дарвінізму і синтетична теорія еволюції.

Ключові слова: еволюція, спадковість, мінливість, боротьба за існування, природний добір, штучний добір, синтетична теорія еволюції.

1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ

Теорія еволюції займає особливе місце у вивченні історії життя. Вона стала тією об'єднуючою теорією, яка служить фундаментом для всієї біології. Еволюція має на увазі всезагальний поступовий розвиток, впорядкований і послідовний. Відносно до живих організмів еволюцію можна визначити як *«розвиток складних організмів із попередньо існуючих більш простих організмів впродовж часу»*.

Еволюція - це процес необоротних змін у будові та функціях живих організмів протягом їхнього історичного розвитку, її наслідком є пристосованість організмів до умов середовища життя. Загальні закономірності, фактори, механізми і наслідки еволюції живої матерії вивчає розділ біології - еволюційне вчення.

Еволюційне вчення – це наука, яка вивчає причини та механізми історичного розвитку живих організмів. Еволюційне вчення є теоретичною основою біології й узагальнює дані інших біологічних дисциплін.

Термін «еволюція» вперше був ужитий М. Хейлером у 1677 р. для позначення індивідуального й історичного розвитку організмів, у зв'язку з цим його іноді використовують як синонім терміна «філогенез». Термін «еволюція» увів швейцарський вчений Ш. Бонне (1720 – 1793).

Історія розвитку еволюційної теорії показує, що концепція безперервності або поступового розвитку більш складних видів із попередніх більш простих форм виникла у ряду філософів і природознавців іще до формального проголошення на початку ХІХ ст. еволюційних гіпотез.

Ідеї про еволюцію живих організмів висловлювали ще давньогрецькі (Геракліт, Демокріт та ін.) та давньоримські (Лукрецій та ін.) мислителі. Однак спроби науково пояснити це явище з'явилися лише на початку ХІХ століття.

Перша половина ХІХ століття ознаменувалась багатьма відкриттями в різних галузях біології. Завдяки створенню клітинної теорії з'ясували, що клітинний рівень організації притаманний усім живим організмам, а клітини істот, які належать до

різних царств, подібні за будовою. Це дало підставу для розвитку ідеї про спільність походження всього живого на Землі.

Відкриття зародкових листків показало, що зародковий розвиток представників різних класів хребетних тварин має однакові етапи. Отже, ці тварини мають спільних предків.

Одним із засновників палеонтології - науки про викопні організми - вважають видатного французького вченого Ж. Кюв'є (1769-1832). Він встановив, що кожній геологічній епосі відповідає певний набір викопних видів, які відрізняються від тварин і рослин попередніх і наступних епох.

Для пояснення послідовних змін викопних фаун і флор учений запропонував гіпотезу катастроф. Кюв'є вважав, що геологічна історія Землі становить собою чергування тривалих стабільних періодів з відносно короткими різкими змінами її поверхні (опускання чи піднімання суходолу, вулканічна діяльність тощо). Останні призводили до повного знищення життя у певній частині планети, що знову заселялась видами з інших місцевостей або виникали форми, які нічого спільного не мали з вимерлими.

На межі XVIII і XIX століть виникла біогеографія — наука про закономірності поширення видів живих істот і їхніх спільнот (біогеографічних комплексів) по земній кулі, її розвитку сприяли численні наукові експедиції у різні куточки нашої планети, що проводили різні країни. Одним із засновників біогеографії вважають німецького вченого О. Гумбольдта (1769—1859). Значний вклад в її розвиток вніс академік Петербурзької академії наук П.С. Паллас, який вивчав тваринний і рослинний світ тодішньої Російської імперії, в тому числі й на теренах сучасної України.

Було встановлено, що розбіжності в заселенні різних континентів і островів тим більші, чим більше вони ізольовані один від одного.

Створення систем різних груп організмів наштовхнуло вчених на думку про те, що подібність певних груп (видів, родів тощо) зумовлена їхнім історичним походженням від спільного предка.

У цей час також було доведено єдність хімічного складу живої та неживої природи, а також припущена можливість утворення органічних сполук з неорганічних.

Німецький хімік Ю.Лібих (1803—1873), вивчаючи мінеральне живлення рослин і біологічну природу процесів гниття та бродіння, встановив участь живих істот в колообігу речовин у природі. Тоді ж були вивчені основні класи органічних сполук, почали досліджувати процес фотосинтезу.

Накопичення багатьох нових даних про життєдіяльність і будову живих організмів потребувало систематизації та теоретичного пояснення.

Не всі біологи визнають реальність еволюційного процесу. Система поглядів на незмінність живої природи з часу її виникнення дістала назву креаціонізм, її послідовники здебільшого дотримуються релігійних поглядів на походження життя, розглядаючи його як наслідок свідомого творчого акту вищої нематеріальної сили (Бога). Креаціоністами були такі видатні біологи, як К. Лінней, Ж.Кюв'є, геолог Ч. Лайель та інші.

2. ДОДАРВІНІВСЬКИЙ ПЕРІОД. ТЕОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ КАРЛА ЛІННЕЯ І ЖАНА БАТИСТА ЛАМАРКА

Традиційний історичний опис додарвінівського періоду розвитку еволюційного вчення починають з імені шведського природодослідника Карла Ліннея. Проте сам Лінней не припускав існування процесу історичного перетворення живого. Він уважав усі живі організми постійними та незмінними, тобто такими, якими вони були створені Творцем. Але він увійшов до науки не тільки як автор еволюційної теорії. Карл Лінней створив класифікацію рослинного і тваринного світу, якою досі користуються науковці. Лінней поклав в основу своєї класифікації кількість маточок і тичинок у квітці, що дійсно відображала відмінність природних ознак у різних систематичних групах. Лінней запропонував також спосіб опису належності того або іншого виду до певної таксономічної групи – *бінарна номенклатура*. За його пропозицією вид почали позначати двома словами, перше з яких визначає рід (звичайно іменник), а друге вид (звичайно прикметник). Всі види прийнято описувати міжнародною мовою вчених – латиницею. Наприклад, горобець польовий – *Passer montanus L.* Після видового найменування латиською мовою в скороченій формі зазначається прізвище автора, який дав цю назву.

Першу еволюційну гіпотезу створив видатний французький учений Жан-Батіст Ламарк, директор Зоологічного музею у Парижі.

Це була людина енциклопедичних знань. Він написав багатотомну працю «Флора Франції», створив систему класифікації безхребетних тварин, яка певною мірою не втратила свого значення і донині. Саме він запропонував термін «біологія» (1802), обґрунтував уявлення про окрему «область життя» на Землі (пізніше названу біосферою) тощо.

Свою еволюційну гіпотезу Ж.-Б.Ламарк опублікував у 1809 р. у книзі «Філософія зоології». Його концепція еволюції ґрунтувалась на двох головних передумовах: внутрішнє прагнення організмів до самоудосконалення та успадкування набутих ознак.

В основі *виникнення нового виду* за Ламарком, лежать такі механізми:

- під дією зовнішнього середовища відбуваються корисні для організму зміни;
- ці зміни успадковуються нащадками;
- діяльність або бездіяльність органів прискорює процес видоутворення.

Еволюційну гіпотезу Ламарка називають ламаркізмом. Сучасники вченого її не сприйняли, однак згодом вона знайшла багато прихильників. Погляди вчених, які ґрунтуються на еволюційній ідеї Ламарка, називають неоламаркізмом.

Теорія Ламарка підготувала ґрунт для сучасної еволюційної теорії, але його погляди на механізми мінливості не дістали широкого визнання. Було виявлено, що умови зовнішнього середовища впливають на фенотип, не зачіпаючи генотипу. Щоб довести це, німецький зоолог і теоретик еволюційного вчення А.Вейсман протягом багатьох поколінь відрізав хвосты мишам, але це не призвело до очікуваного скорочення довжини хвостів у їхніх нащадків. Виходячи зі своїх експериментів, учений дійшов до висновку, що ознаки, які набуваються тілом і приводять до зміни фенотипу, прямо не впливають на статеві клітини (гамети), за допомогою яких ці ознаки передаються наступному поколінню.

3. ЧАРЛЗ ДАРВІН І ЙОГО ЕВОЛЮЦІЙНЕ ВЧЕННЯ

Англійський учений Чарлз Дарвін — один із найвидатніших біологів світу. Його еволюційна гіпотеза, відома під назвою «дарвінізм», понад 100 років слугувала теоретичним підґрунтям біології, значно вплинула на розвиток інших природничих наук, а також на філософське осмислення проблеми утворення світу.

Основні положення свого вчення Ч. Дарвін розробив ще в молоді роки під час подорожі на кораблі «Бігль» (1831-1836) вдовж берегів Південної Америки, Нової Зеландії, Південної Африки. Подорожуючи, Дарвін більшість часу займався геологічними дослідженнями, але під час п'яти тижневого перебування на Галапагорських островах увагу молодого ученого привернула подібність між флорою і фауною цих островів і материка. Зібрані ним численні дані про мінливість організмів переконали його у тому, що види не можна вважати незмінними. Повернувшись до Англії, Дарвін зайнявся вивченням практики розведення голубів і домашніх тварин, що привело до створення концепції штучного добору. Проте він ще не уявляв собі, як діє добір у природних умовах. У 1778 році священник Т. Мальтус у своєму «Трактаті про народонаселення» показав, до чого могло б призвести зростання населення нашої планети, якби воно нічим не стримувалось (боротьбою за існування, загибеллю одних та виживанням інших). Ч. Дарвін розповсюдив це на біологічні процеси, звернувши увагу на те, що хоч розмноження організмів відбувається постійно, кількість окремих груп (популяцій) залишається порівняно стабільною. Зіставляючи величезну кількість даних, він почав розуміти, що будь-які зміни, сприятливі для виживання за певних умов, підвищують здатність особин розмножуватися і давати плодове потомство; за несприятливих змін, навпаки, шанси на успішне розмноження знижуються.

Тим часом інший натураліст, Альфред Рассел Уоллес, що багато мандрував і теж був обізнаний з поглядами Мальтуса, дійшов аналогічного висновку. У 1858 році Уоллес висловив свою теорію на 20 сторінках і послав її Дарвіну. У тому ж році Дарвін і Уоллес виступили з доповідями на засіданні Ліннеївського товариства у Лондоні. У 1859 році Дарвін опублікував книгу «Походження видів шляхом природного добору, або збереження сприятливих порід у боротьбі за життя». Усі 1250 примірників її було продано першого ж дня. Можна сказати, що за силою впливу на людей вона поступалася лише Біблії.

Теорія природного добору, біля витоків якої стояли ці вчені, справедливо дістала назву теорії Дарвіна - Уоллеса.

За Дарвіном і Уоллесом, механізм виникнення нових видів служить природний добір. Ця наукова гіпотеза ґрунтується на трьох основних положеннях і двох висновках.

1. Усі рослини і тварини розмножуються у геометричній прогресії.
2. Число особин у кожній популяції приблизно постійне. З положень 1-2 випливає висновок 1: багатьом особинам не вдається вижити і залишити потомство. У популяції відбувається боротьба за існування.
3. У потомстві однієї пари батьків звичайно не буває однакових особин (виняток – одно яйцеві близнюки), тобто окрім спадковості існує ще й мінливість організмів.

Виходячи з трьох наведених положень, можна сформулювати висновок 2: у боротьбі за існування ті особини, що краще пристосовані до умов життя мають переваги в репродукції і породжують більше нащадків, ніж менш пристосовані.

Еволюція, за Ч.Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних змінах видів у процесі їхнього історичного розвитку. Він вважав, що всі сучасні види є нащадками вимерлих предкових форм. Еволюція відбувається на основі спадкової мінливості під впливом боротьби за існування, наслідком якої є природний добір.

Спадкова (за Ч.Дарвіном - невизначена) **мінливість** — це зміни, які виникають індивідуально в кожного організму незалежно від впливів довкілля і можуть передаватися нащадкам. Від неї Ч. Дарвін відрізняв неспадкову (або визначену) мінливість, яка проявляється у всіх особин певного виду однаково під дією певного чинника довкілля. Вона зникає у нащадків після того, як ця дія припиняється.

Сама по собі спадкова мінливість не має пристосувального характеру. Тому Ч.Дарвін вважав, що існують особливі природні механізми (фактори), які забезпечують пристосування організмів (адаптації) до умов довкілля — це боротьба за існування та природний добір.

Для пояснення походження кількох видів від спільного предка Ч. Дарвін ввів поняття дивергенція. Це явище полягає в розходженні у нащадків ознак предків унаслідок пристосувань до різних умов довкілля.

Заслуга Ч.Дарвіна полягає в тому, що він вказав на вид як вузловий етап еволюційного процесу, пояснив зміну організмів дією законів природи без втручання надприродних сил, виявив рушійні сили і причини перебігу біологічної еволюції. В основу свого пояснення механізмів еволюції Ч.Дарвін поклад три головні чинники: *мінливість організмів, боротьбу за існування і природний добір*, серед яких природний добір є спрямовуючою, рушійною силою.

Основні положення еволюційної теорії.

1. Умови зовнішнього середовища викликають зміну організмів, але ці зміни (модифікації) не успадковуються і не відіграють важливої ролі в еволюції.

2. Випадкові, не спрямовані зміни в окремих особин (мутації) можуть передаватися спадково, як що вони відбуватимуться у статевих клітинах. Саме такі зміни важливі для еволюції.

3. Усі успадковані зміни відносні, тобто за одних умов вони можуть бути корисними, за інших – шкідливими або нейтральними. Якщо за даних умов вони виявляються корисними, то організми з такими змінами виживають і дають потомство.

Учення Ч.Дарвіна було значно доповнено працями його послідовників і як закінчена система поглядів під назвою класичний дарвінізм остаточно сформувалося на початку ХХ століття. Важливу роль у розвитку дарвінізму відіграв відомий німецький учений Е. Геккель. Він звернув увагу на те, що види змінюються в процесі свого історичного розвитку і дають початок новим видам у межах будь-якої систематичної групи.

Е. Геккеля вважають засновником філогенетичного напрямку в дарвінізмі. *Філогенез* — це конкретні шляхи історичних (еволюційних) змін окремих систематичних груп (від видів до царств включно) і всього живого. Для з'ясування

філогенезу певної групи Е. Геккель запропонував зіставляти дані палеонтології, порівняльних анатомії та ембріології. Так, учені зв'язують викопні та сучасні форми в єдиний філогенетичний ряд - послідовність історичних змін організмів чи їхніх частин у межах певної систематичної групи (наприклад, послідовність змін черепа та кінцівок у предків коней).

Е. Геккель ввів поняття про *монофілію*, тобто походження всіх нащадків від спільного предка. Це поняття він запропонував як основний принцип природної (філогенетичної) класифікації, а також розробив спосіб графічного відображення історичного розвитку у вигляді так званих філогенетичних дерев.

Біогенетичний закон одночасно відкрили двоє вчених: Е. Геккель та Ф. Мюллер (закон Геккеля - Мюллера): індивідуальний розвиток (онтогенез) будь-якого організму є стислим повторенням історичного розвитку (філогенезу) виду, до якого він належить.

4. КРИЗА ДАРВІНІЗМУ І СИНТЕТИЧНА ТЕОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ

Ще за життя самого Ч. Дарвіна його еволюційні погляди критикували вчені. Через те, що природа спадкової мінливості залишалась невідомою, багато дослідників вважало, що гібриди мають риси проміжного характеру порівняно з батьківськими організмами. Наприклад, гібрид віслюка та кобили (мул) має риси обох батьківських видів. Виходячи з цього, англійський натураліст Ф. Дженкін висловив думку, що прояв будь-якої виниклої корисної ознаки у нащадків зменшуватиметься доти, доки через ряд поколінь не зникне безслідно. Тому природний добір неможливий. Сам Ч. Дарвін не зміг спростувати це твердження і назвав його «жахом Дженкіна».

Інший сучасник Ч. Дарвіна — відомий англійський філософ Г. Спенсер (1820—1903) — стверджував, що неспрямовані спадкові зміни спричиняють нездатність організму підтримувати сталість свого внутрішнього середовища (гомеостаз), тобто призводять до його загибелі. Він також відзначив, що саме поняття «добір» передбачає цілеспрямований вольовий акт, такий самий, який людина здійснює під час селекційної роботи. Але в природі такої свідомої відбираючої сили не існує, тому саме поняття «природний добір» позбавлене біологічного сенсу. Це заперечення не втратило своєї актуальності й тепер.

Поняття «вид» у класичному дарвінізмі залишилося таким самим, яким його запропонував К. Лінней 1735 року: *вид* — це сукупність подібних за будовою особин, здатних схрещуватись між собою і давати плодючих нащадків. Елементарною одиницею еволюції дарвіністи вважали окрему особину.

Відкриття мутацій сформувало думку про те, що спадкові зміни фенотипу організмів відбуваються раптово, а не формуються тривалий історичний проміжок, як вважали прихильники вчення Ч. Дарвіна.

Усі невирішені на той час проблеми в біології підготували ґрунт для створення низки еволюційних поглядів, серед яких тривалий час популярною була синтетична гіпотеза еволюції.

Синтетична гіпотеза еволюції — це комплекс уявлень про еволюційний процес, що виник унаслідок поєднання положень класичного дарвінізму з ученням про

мутації та уявленнями про популяцію як елементарну одиницю еволюції. Вона склалася в 20-50-х роках ХХ століття, завдяки працям різних учених, зокрема О.М. Северцова, І.І. Шмальгаузена, Ф.Г. Доброжанського, М.В.Тимофєєва-Ресовського, Д. Холдейна, Дж.Хакслі, Д. Сімпсона, Е. Майора. Термін «синтетична теорія» походить від назви книги англійського еволюціоніста Д.Хакслі «Еволюція: сучасний синтез» (1942 р).

Основні положення (постулати) синтетичної теорії еволюції (за М.М.Воронцовим):

1. Матеріалом для еволюції служать, як правило, дуже дрібні зміни спадковості – мутації. Мутаційна мінливість – постачальник матеріалу для добору – носить випадковий і спрямований характер.

2. Основним рушійним фактором еволюції є природний добір. Що виникає на основі боротьби за існування.

3. Найменшою одиницею еволюції є популяція.

4. Еволюція носить дивергентний характер, тобто один таксон може стати предком кількох дочірніх таксонів, але кожен вид має єдиний предковий вид. єдину предкову популяцію.

5. Еволюція має поступовий і тривалий характер. Видоутворення як етап еволюційного процесу являє собою послідовну зміну однієї тимчасової популяції низкою тимчасових популяцій.

6. Ви складається з безлічі підвидів і популяцій. Однак відомо чимало видів з обмеженими ареалами, у межах яких не вдається виокремити самостійні підвиди, а реліктові види можуть складатися з єдиної популяції. Доля таких видів, як правило, недовговічна.

7. Вид існує як цілісне і замкнуте утворення. Цілісність виду підтримується міграціями особин з однієї популяції до іншої, при яких спостерігається обмін алелями («потік генів»).

8. Оскільки основним критерієм виду є несхрещуваність з іншими видами (репродуктивна ізоляція), то цей критерій не стосується форм, у яких не спостерігається статевий процес (прокаріоти, нижчі еукаріоти).

9. Макроеволюція (над видова еволюція: рід, родина, ряд, клас та ін.) йде лише шляхом мікроеволюції (ті самі передумови і рушійні сили).

10. Будь-який реальний (а не збірний) таксон має монофілетичне (один предок) походження.

11. Еволюція має не спрямований характер, тобто не йде у напрямку якої-небудь кінцевої мети.

12. Еволюція має не обернений характер. Організм (популяція, вид) не може повернутися до колишнього стану, уже здійсненому у низці його предків.

Питання для контролю знань

1. Дайте визначення еволюції.
2. Які проблеми досліджує еволюційне вчення?
3. Як, за Ламарком, в організмі виникають нові ознаки?
4. Що таке внутрішнє прагнення організмів до прогресу?

5. Яка роль клітинної теорії в розвитку еволюційних ідей?
6. Які відкриття в галузі порівняльної анатомії та ембріології в першій половині XIX сторіччя ви знаєте?
7. Що таке гіпотеза катастроф?
8. Що таке палеонтологія і яке її значення для розвитку еволюційних ідей?
9. Які ви знаєте основні праці Ч. Дарвіна? Чому вони присвячені?
10. Які основні положення гіпотези еволюції за Дарвіном?
11. Дайте визначення і наведіть приклади спадкової та неспадкової мінливості.
12. Які основні положення синтетичної гіпотези еволюції?

Перелік використаних літературних джерел: [2], [5], [6], [7], [8], [9], [11], [12].

ЛЕКЦІЯ № 7. ЕВОЛЮЦІЙНЕ ВЧЕННЯ. РУШІЙНІ СИЛИ ЕВОЛЮЦІЇ. ПОПУЛЯЦІЯ ЯК ОДИНИЦЯ ЕВОЛЮЦІЇ. ЕЛЕМЕНТАРНІ ФАКТОРИ ЕВОЛЮЦІЇ

План

1. Рушійні сили еволюції.
2. Відносна пристосованість видів.
3. Популяція. Елементарні фактори еволюції.

Ключові слова: популяція, елементарні фактори еволюції, боротьба за існування, природний добір, адаптація, мімікрія, макроеволюція, дивергенція, конвергенція, паралелізм.

1. РУШІЙНІ СИЛИ ЕВОЛЮЦІЇ

Боротьба за існування – це активна або пасивна конкуренція між організмами, що виникає через невідповідність між здатністю видів до необмеженого розмноження й обмеженістю природних ресурсів.

Розрізняють такі види боротьби за існування: *внутрішньовидова, міжвидова, боротьба з несприятливими умовами середовища.*

Внутрішньовидова боротьба викликається однаковою у всіх особин даного виду потребою у їжі, території та інших ресурсах. Міжвидова боротьба виникає між особинами різних видів, що використовують одні і ті ж самі харчові ресурси, територію. Боротьба з несприятливими умовами середовища полягає у виживанні організмів за постійної дії абіотичних чинників середовища – повеней, посух, морозів, приливів і відливів, штормів, заболочування, сніжних лавин, селів, пожеж тощо.

Результатом боротьби за існування є *виживання найбільш пристосованих і їхнє розмноження*. Слабкі особини гинуть або не народжують потомства, їх гени елімінують.

У процесі боротьби за існування відбувається природний добір – вибірне знищення одних особин і вибірне виживання інших.

Природний добір – здійснюваний у природі процес збереження і переважного розмноження у ряді поколінь особин, що мають корисні для їхнього життя і розвитку пристосувальні ознаки, що виникли у результаті різноспрямованої індивідуальної мінливості. Природний добір – це єдиний чинник еволюції, що здійснює спрямовану зміну генотипового складу популяцій. Його дія виявляється через багато поколінь, коли малопомітні індивідуальні зміни підсумовуються, і стають характерними пристосувальними (адаптивними) ознаками великих груп організмів (популяцій, видів).

При збільшенні чисельності популяції деякі чинники середовища стають лімітуючи ми, що призводить до конкуренції між членами популяції. Більш пристосовані особини мають більше шансів вижити і залишити потомство, ніж менш пристосовані. Сукупна дія лімітуючи чинників середовища й чисельності популяції створює *тиск добору*.

Залежно від спрямування адаптаційних змін, розрізняють три типи добору – *рушійний, стабілізуючий і дизруптивний* (розриваючий).

Рушійний добір викликає односпрямовані зміни генетичного складу популяції. Він спостерігається у тих випадках, коли популяція пристосовується до нового середовища.

Стабілізуючий добір не сприяє еволюційним змінам і з покоління в покоління підтримує фенотипову стабільність популяції. Якщо популяція добре пристосована до стабільного середовища, то добір зводиться до елімінації мутантних особин, які дуже відхиляються від норми.

Дизруптивний (розриваючий) добір спрямований проти особин із середнім і проміжним характером ознак, тобто веде дестабілізації крайніх форм і встановлення поліморфізму в популяції. Популяція в цьому випадку підрозділяється за даною ознакою на декілька груп.

Штучний добір – це здійснюваний людиною вибір і подальше розмноження організмів, що мають цінні господарські або декоративні ознаки та властивості (продуктивність, довжина шерсті, кількість молока, розмір плодів, кількість насіння тощо). Виведені сорти рослин або породи тварин несуть одну або декілька гіпертрофованих ознак, зумовлених надмірною активацією певних генів. Такі організми не можуть вижити в дикій природі.

Мінливість – властивість живих організмів існувати у різних формах.

Неспадкова (модифікаційна) мінливість – це зміни фенотипу організмів, які відповідають характеру дії навколишнього середовища і не передаються нащадкам.

Спадкова мінливість пов'язана зі зміною генетичного матеріалу. Вона є головною умовою здатності організмів до еволюційного розвитку. Спадкова мінливість може бути *комбінативною* (пов'язана з особливостями статевого розмноження – кросинговером і незалежним розходженням хромосом у мейозі) і *мутаційною* (зумовлена різними типами мутацій).

2. ВІДНОСНА ПРИСТОСОВАНІСТЬ ВИДІВ

Результатом дії рушійних сил еволюції, є *відносна пристосованість видів* до умов навколишнього середовища. До поняття «пристосованість» входять забарвлення, форма тіла, поведінка, особливості фізіологічних і біохімічних процесів тощо.

Одним з найяскравіших прикладів пристосованості є *захисне забарвлення*, що робить тварину подібною до навколишніх предметів. Деякі тварини мають не тільки захисне забарвлення, але й *маскувальну форму тіла*.

Застережне (погрозливе) забарвлення попереджає хижаків, що його власник отруйний або неїстівний – наприклад, помітне яскраве забарвлення *сонечка*. Деякі беззахисні види мають забарвлення, подібне до такого у неспоріднених, але добре захищених і маючих застережне забарвлення видів. Таке наслідування називають *мімікрією*.

Пристосувальна поведінка має велике значення для виживання організмів у боротьбі за існування. Існують різні варіанти пристосувальної поведінки: зачаювання у разі небезпеки, демонстративна та відлякуюча поведінка у разі наближення ворога, запасання корму на несприятливий сезон, різноманітні форми турботи про потомство.

3. ПОПУЛЯЦІЯ. ЕЛЕМЕНАРНІ ФАКТОРИ ЕВОЛЮЦІЇ

Популяція – елементарна одиниця еволюції. Популяція – найдрібніша з груп особин (вид → підвид → популяція), здатна до еволюційного розвитку, тому її називають елементарною одиницею еволюції. Окремо взятий організм не може бути одиницею еволюції. Еволюція йде тільки в групі особин. Завдяки великій чисельності особин популяція являє собою безперервний потік поколінь і, в силу мутаційної мінливості, - різнорідну (гетерогенну) суміш різних генотипів.

Відповідно до синтетичної теорії еволюції, у популяціях діють, крім мутацій, боротьби за існування і добору, і так звані *елементарні фактори еволюції*: хвилі життя, дрейф генів, ізоляція.

Дрейф генів. Одним із чинників, здатних змінювати генетичну структуру популяцій, є дрейф генів - це випадкова і неспрямована зміна частот зустрічальності алелів та їхніх поєднань у популяції. Відкрили С.Райт і Р.Фішер (США) і незалежно від них М.П.Дубінін і Д.Д.Ромашов (Росія). Найчіткіше це явище виявляється в нечисленних популяціях завдяки обмеженню свободи схрещування при розмноженні. Через зростання частки близькоспоріднених схрещувань деякі алелі можуть повністю зникнути з популяції, а інші, навпаки, стати домінуючими. Навпаки, чим численніша популяція організмів, тим менш значна роль дрейфу генів у зміні її генетичної структури.

Ізоляція — це широкий комплекс явищ, пов'язаних з різким обмеженням або повним припиненням схрещувань між представниками різних груп.

Розрізняють *первинну ізоляцію* – процес, прямо не пов'язаний з дією природного добору і *вторинну або репродуктивну ізоляцію*.

Первинна ізоляція умовно поділяється:

- просторову (географічну) – групи споріднених організмів виявляються розділеними фізичною перепорою, наприклад, морем, гірським хребтом, річкою, пустелею;

- часову – розмноження у різних груп організмів, що мешкають на одній території, відбувається в різний час (удень/уночі, навесні/восени).

Вторинна ізоляція поділяється:

- біологічну – представники різних видів відрізняються за будовою статевих органів, що перешкоджає міжвидовому схрещуванню (а якщо схрещування все ж відбулось – розвитку плідного потомства);

- етологічну – видоспецифічна статева поведінка (шлюбні танці, ритуали залицяння тощо).

Ізоляція зазвичай не буває безперервною: не виключено, що дві розрізнені групи знову зустрінуться і між ними відбудеться схрещування.

Еволюційне значення ізоляції полягає в тому, що за відсутності обміну генами між популяціями певного виду в генофонді кожної з них з часом виникають різні мутації та змінюються частоти зустрічальності алелей та їхніх поєднань. Ізольовані популяції пристосовуються до умов довкілля незалежно одна від одної. Тож ізоляція — необхідна умова виникнення внутрішньовидової дивергенції.

Боротьба за існування, природний добір і ізоляція приводять до *дивергенції (дивергентної еволюції)* – розходження знак організмів порівняно з вихідною формою. Еволюція, в результаті якої з однієї форми предка виникає безліч різноманітних форм, що займають різні житла, називається *адаптивною радіацією*. Адаптивна радіація спостерігається у тих випадках, коли група організмів потрапляє в нові житла, де у неї є шанс вижити. У результаті конкурентної боротьби за харчові ресурси і життєвий простір кожна група прагне поширитись і зайняти якомога більше доступних екологічних ніш. Вона вигідна тим, що дає можливість тваринам використовувати нові джерела їжі й уникати деяких ворогів.

Якщо групи організмів адаптуються до подібних умов середовища, у них виникають риси, які мають поверхневу подібність. Розвиток подібних комплексів ознак у групах різного еволюційного походження називається *конвергенцією (конвергентною еволюцією)*.

Популяційні хвилі (хвилі життя). Розміри популяцій за числом особин піддаються постійним коливанням. Причини цих коливань різноманітні: біотичні та абіотичні (запаси їжі, кількість хижаків, конкурентів, збудників хвороб, кліматичні умови року тощо). Після збільшення числа особин у популяції відбувається закономірне його зменшення і т.д. Такі періодичні коливання кількості особин у популяціях С.С.Четвериков назвав «хвилями життя», або «популяційними хвилями». Хвилі життя самі по собі не викликають спадкової мінливості, але вони сприяють зміні частоти мутацій.

Популяційні хвилі – це чинник еволюції, що припускає невибірне, випадкове знищення особин, завдяки чому рідкісний генотип (алель) може стати звичайним і підхопитися природним добором.

Причини коливання чисельності популяцій:

1) періодичні (сезонні) коливання чисельності характерні для короткоживучих організмів – комах, найпростіших, однорічних рослин;

2) неперіодичні коливання чисельності залежать від складного поєднання ряду чинників – чисельності хижаків, великої кількості кормових ресурсів;

3) спалахи чисельності видів спостерігаються в нових для них районах, де відсутні їхні природні вороги (кролики в Австралії, хатні горобці в Північній Америці);

4) різкі коливання чисельності пов'язані з природними катастрофами (посухою, пожежами, повеннями тощо).

Питання для контролю знань

1. Дайте визначення поняттю «боротьба за існування».
2. Охарактеризуйте форми боротьби за існування.
3. Що таке природний добір?
4. Як відбувається статевий добір?
5. Який рівень організації живої матерії є, за Дарвіном, елементарною одиницею еволюції?
6. Що таке популяція? Як змінюється генофонд популяцій на основі рецесивних і домінантних мутацій?
7. Що таке елементарні фактори еволюції?
8. Дайте визначення понять «хвилі життя» і «дрейф генів». Які взаємозв'язки існують між цими явищами?
9. Що таке ізоляція?
10. Які ви знаєте види ізоляції?
11. Чому ізоляція приводить до дивергенції?

Перелік використаних літературних джерел: [1], [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [12].

ЛЕКЦІЯ 8. ЕВОЛЮЦІЙНЕ ВЧЕННЯ. МІКРО- ТА МАКРОЕВОЛЮЦІЯ. ВИДОУТВОРЕННЯ. ДОКАЗИ ЕВОЛЮЦІЇ

План

1. Мікроеволюція. Критерії виду та видоутворення.
2. Макроеволюція.
3. Основні напрямки еволюції.
4. Докази еволюції.
5. Фактори та темпи еволюції.

Ключові слова: еволюція, мікроеволюція, макроеволюція, вид, ароморфоз, ідіоадаптація, дегенерація, біологічний прогрес, біологічний регрес.

1. МІКРОЕВОЛЮЦІЯ. КРИТЕРІЇ ВИДУ ТА ВИДОУТВОРЕННЯ

Мікроеволюція - еволюційні перетворення виду на рівні популяцій, які ведуть до внутрішньовидової дивергенції та видоутворення. Масштаб часу мікроеволюції – сотні, частіше – тисячі років.

Мікроеволюційний процес починається з відносної ізоляції популяцій і поступової зміни їх генетичного складу за рахунок накопичення мутацій. Це

приводить спочатку до дивергенції в результаті незалежної дії природного добору й інших чинників еволюції, а потім – до видоутворення.

Відповідно до класичного дарвінізму, види реально існують у природі у вигляді певних сукупностей особин. Кожен вид більш-менш чітко відокремлений від інших притаманними йому певними властивостями та ареалом у даний момент часу. Протягом геологічної історії Землі види змінюються внаслідок еволюції. Будь-який вид має низку предкових форм. У деяких випадках такі предкові форми були встановлені. Так були створені філогенетичні ряди.

З розвитком синтетичної гіпотези еволюції було розроблено біологічну концепцію виду. Вона ґрунтується на уявленнях про популяцію як одиницю еволюції та про репродуктивну ізоляцію - явище, коли різні види розмежовані внаслідок нездатності до схрещування між собою.

З погляду біологічної концепції, *вид* - це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, життєвими функціями, місцем у біогеоценозі, які населяють певну частину біосфери (ареал), вільно схрещуються між собою в природі (якщо їм притаманне перехресне запліднення) і дають плодючих нащадків. Вид є нижча таксономічна категорія. У природі вид існує у формі окремих популяцій.

Встановити *видову самостійність певної групи* особин можна лише за сукупністю різних критеріїв.

Морфологічний критерій - це ступінь подібності особин виду за будовою. До нього відносять усі матеріальні структури: від хромосом до особливостей будови органів та їхніх систем. Ознаки, унікальні для особин певного виду (або систематичної групи вищого рангу: роду, родини тощо), називають діагностичними.

Фізіологічний критерій - це подібність або відмінність у процесах життєдіяльності особин одного чи різних видів.

Біохімічний критерій — це особливості хімічного складу та перебігу певних біохімічних реакцій, характерні для особин певного виду.

Географічний критерій полягає в тому, що популяції кожного виду заселяють певну частину біосфери (ареал), яка відрізняється від ареалів близьких видів.

Екологічний критерій охоплює всі критерії, оскільки популяції кожного виду мають свою екологічну нішу в біогеоценозі. Екологічний критерій дає змогу встановити видову самостійність будь-яких сукупностей організмів, незалежно від того, здатні вони до перехресного запліднення чи ні.

Видоутворення - це еволюційний процес виникнення нових видів. На відміну від мікроеволюції, воно має необоротний характер.

Видоутворення найчастіше відбувається за допомогою дивергенції, коли від вихідної форми виникають два або більше нових видів. Здебільшого воно є наслідком різних форм ізоляції. Відповідно до її типів розрізняють географічне та екологічне видоутворення.

Географічне видоутворення відбувається внаслідок географічної ізоляції. Для пояснення фактів географічного видоутворення слід враховувати дані палеогеографії (науки про будову земної поверхні минулих епох) та геології (науки про будову Землі).

Екологічне видоутворення відбувається внаслідок екологічної ізоляції.

Досить часто у рослин і рідше у тварин (наприклад, у жаб) види утворюються внаслідок виникнення поліплоїдних форм. За умови несхрещуваності з вихідними формами формується новий вид.

Інколи новий вид виникає внаслідок схрещування між особинами близьких видів за умови, що гібриди: нащадки здатні до розмноження. Якщо популяції таких гібридних особин існують тривалий час і сформували в екосистемах власні екологічні ніші, то їх вважають окремими видами.

2. МАКРОЕВОЛЮЦІЯ

Макроеволюція — еволюційні перетворення над видового масштабу, що відбуваються на великих територіях протягом тривалого періоду часу, в результаті яких створюються великі систематичні групи – роди, родини, ряди. Макроеволюція відбувається на основі мікроеволюційних процесів.

Як відомо, реально в природі існують лише види, а надвидові категорії вчені ввели для їхньої систематизації. Належність виду до того чи іншого роду, родів — до родини і так далі дослідники встановлюють за ступенем їхньої історичної спорідненості. Тому особливих механізмів макроеволюції не існує. Певні її «закономірності» є наслідком узагальнень, накопичених протягом історичного розвитку відмінностей між спорідненими видами, які утворилися у процесі тривалих мікроеволюційних змін і послідовного ряду видоутворень.

Різноманітність видів зумовлена пристосуваннями організмів до змін умов існування, що супроводжуються дивергенцією. Це явище має назву адаптивна радіація. Наприклад, усі ряди плацентарних ссавців походять від спільного предка внаслідок пристосувань до різних умов наземного (примати, парно- та непарнокопитні тощо), водного (ластоногі, китоподібні) та повітряного (рукокрилі) середовищ життя.

3. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕВОЛЮЦІЇ

Еволюційний процес має пристосувальний характер і супроводжується зміною середовища для кожної еволюціонуючої групи. Звідси – підвищення організації, прогресивний розвиток життя.

Вивчаючи закономірності історичного розвитку тварин, О.М.Сєверцев у 20-х роках ХХ століття розробив поняття «біологічний прогрес» і «біологічний регрес».

Біологічний прогрес проявляється у збільшенні чисельності популяцій, розширенні ареалу та видоутворенні в межах тієї чи іншої систематичної групи. Він є наслідком еволюційного удосконалення певної групи організмів. Наприклад, у наш час у стані біологічного прогресу перебувають покритонасінні рослини, комахи, молюски, птахи та ссавці.

Біологічний регрес — це результат неспроможності певної групи організмів пристосуватись до змін умов середовища. Він проявляється у зменшенні чисельності популяцій, звуженні ареалу і може призвести до вимирання виду. Наприклад, із колись процвітаючого ряду Хоботні тепер залишилося тільки два види - африканський та індійський слони, які перебувають на межі зникнення. На шляху біологічного регресу перебуває клас Гінгові, єдиним представником якого в наш час є

гінго дволопатево. Клас Гінгові в Юрському періоді був представлений безліччю видів, об'єднаних у шість родів; до кінця крейдяного періоду більшість з них вимерла. Нині регресують сумчасті ссавці. Вони збереглися тільки в Австралії та Південній Америці, які відокремилися до появи плацентарних ссавців. Утворення перешийка між Південною та Північною Америкою привело до масової міграції плацентарних ссавців, які, заселивши Південну Америку, почали витісняти менш пристосованих сумчастих. На Австралійський континент плацентарні були завезені людиною відносно недавно, тому кількість видів сумчастих тут більша.

Поняття про біологічний прогрес і регрес є лише узагальнюючими термінами, які показують ступінь видової різноманітності певної групи у відповідний геологічний період розвитку нашої планети.

Узагальнюючий характер мають також уявлення про морфологічні шляхи досягнення біологічного прогресу: **ароморфоз, ідіоадаптацію та дегенерацію**.

Ароморфоз — шлях еволюції, за якого ускладнення будови тіла та вдосконалення фізіологічних функцій істотно підвищують рівень організації еволюційної групи. У результаті ароморфозів організми дістали якісно нові можливості для пристосування до умов зовнішнього середовища. Ароморфози є характерними особливостями великих таксонів. Прикладом можуть бути ароморфози, що дозволи ссавцям стати панівним класом: чотирикамерне серце, здатність підтримувати постійну температуру тіла, істинне живородіння, прогресивний розвиток переднього мозку. Для покритонасінних рослин ароморфозом є наявність репродуктивного органа – квітки й плоду, які сприяють поширенню насіння.

Ідіоадаптація — зміни порядку, які є результатом пристосування до різних умов середовища, без підвищення рівня організації. Ідіоадаптації ведуть до збільшення видової різноманітності, швидкого зростання чисельності таксону. У результаті ідіоадаптації виникли такі різноманітні види ссавців, як Рукокрилі, Хоботні, Китоподібні, Примати. Прикладом ідіоадаптації покритонасінних рослин є суцвіття кошик (Складноцвіті), стебло соломина (Злаки), плід біб (Бобові). І дивергенція і конвергенція здійснюються шляхом ідіоадаптації.

Дегенерація — спрощення рівня організації в результаті переходу до паразитичного або прикрвпленого способу життя. Дегенерація пов'язана з крайньою спеціалізацією і часто супроводжується редукцією окремих органів і систем. Редукція дихальної, кровоносною та нервовою систем у печінкового сисуна, котячого сисуна, бичачого цип'яка є результатом пристосування до ендopазитизму. Предками перелічених видів були вільноживучі форми, подібні до молочно-білої планарії.

Як ароморфоз, так і дегенерація дають змогу організмам розширити свої адаптаційні можливості за допомогою ідіоадаптацій.

4. ДОКАЗИ ЕВОЛЮЦІЇ

Теорію еволюції шляхом природного добору підтверджують дані багатьох наук – палеонтології, порівняльної анатомії та фізіології, ембріології, біохімії та біогеографії.

Дані палеонтології

Палеонтологія вивчає викопні залишки організмів. На основі палеонтологічного літопису можна описати живі організми, які існували мільйони років тому, й умови їхнього життя. Проте цей літопис неповний, у ньому бракує багатьох ланок - **перехідних форм**. Такі розриви нерідко використовуються як аргументи проти теорії утворення нового виду шляхом еволюційних змін. Поступово були знайдені деякі перехідні форми, наприклад *археоптерикс* (плазуни → птахи), *циногнатус* (плазуни → ссавці). Існує також думка, що проміжних форм не існувало, а новий вид виник раптово (**стрибокподібна еволюція**).

Класичним прикладом повністю відтвореної картини історичного розвитку виду (**філогенетичного ряду**) може слугувати еволюція коня, предкова форма якого – *еогіпус* – мешкала в лісах близько 15 млн. років тому й мала чотирипалі кінцівки. У результаті еволюційних перетворень відбулась подальша редукція пальців у *міогіпуса* і *парагіпуса*. Пліогіпус мав лише один палець, жив приблизно 5 млн. років тому в степовій зоні Північної Америки. Його поширення 2 млн. років тому по Євразії привело до появи сучасних коней.

Дані порівняльної анатомії.

Порівняльна анатомія вивчає форму й будову окремих органів, а також їх еволюційні зміни. Під час порівняльного вивчення анатомічних особливостей окремих груп тварин або рослин між ними виявляється подібність. Наприклад, про єдність походження хребетних свідчать такі ознаки:

Загальний план будови - двостороння симетрія, наявність порожнини тіла, спинного та головного мозку.

Гомологічні й аналогічні органи. Органи, які відповідають за будовою і походженням один одному, називаються *гомологічними* (лапа собаки, нога слона, ластоподібні кінцівки моржів, крило птаха). Органи, які мають загальні риси в будові та функціонуванні, але формуються у процесі ембріонального розвитку з різних клітинних елементів (мають різне походження), називають *аналогічними*. Наприклад, крило метелика (складка на другому сегменті грудей) – крило птаха (видозмінена кінцівка) – крило кажана (шкірна складка між передньою і задньою кінцівками). Гомологія може бути наслідком дивергенції, тоді як поява аналогічних органів свідчить про конвергентну еволюцію.

Рудименти – органи, які в процесі еволюції втратили своє первинне значення і перебувають на стадії зникнення. Третя повіка в оці ссавців – рудимент третьої повіки плазунів; куприк у людини – рудиментарний залишок хвостового відділу хребта, розвиненого у його предків; недорозвинені очі у підземних тварин.

Атавізми – прояв в окремих особин ознак, властивих далеким предковим видам (багатососковість, густий волосяний покрив у людини). Наявність атавізмів добре підкріплює уявлення про те, що у далеких предків ці ознаки були присутні, а в сучасних нащадків збереглися лише генетичні системи, здатні в окремих (патологічних) випадках до реактивації.

Дані порівняльної ембріології.

Вивчення ембріонального розвитку організмів показало, що кожна особина в індивідуальному розвитку (онтогенезі) коротко та швидко повторює історію розвитку свого виду (філогенез). Наприклад, зародок хордових послідовно проходить стадії

розвитку інших, еволюційно більш ранніх типів тварин: найпростіших, кишковопорожнинних, безчерепних. У людського зародка є зябра, пуголовки земноводних дуже нагадують риб, гусені метеликів і жуків подібні до кільчастих червів, зі спори моху спочатку з'являється зелена нитка, подібна до нитчастої водорості. Ця закономірність називається **біогенетичним законом Мюллера-Геккеля**. Проте біогенетичний закон не завжди виконується. У зародків деяких хордових онтогенез не повністю відображає філогенез у результаті появи мутацій, які змінюють хід розвитку зародка (наприклад, у птахів випала п'ятипала стадія розвитку кінцівки: у зародка закладаються чотири пальці, а не п'ять, проте виростають лише три). Крім того, в онтогенезі відбувається повторення зародкових стадій розвитку, а не дорослих форм (ланцетник в онтогенезі повторює загальні стадії з вільноплаваючою личинкою асцидії, а не з її дорослою прикріпленою формою).

Російський учений-еволюціоніст О.М.Северцев показав, що в результаті мутацій можуть: 1) випадати деякі стадії розвитку зародка; 2) виникати зміни органів зародка, яких не було у предків; 3) з'являться нові ознаки.

Дані біогеографії.

Біогеографія вивчає розподіл тварин і рослин на Землі. На нашій планеті існує декілька зоогеографічних зон: Палеарктична, Неоарктична, Індо-Малазійська, Ефіопська, Австралійська, Неотропічна. Деякі з цих зон викликають особливий інтерес з боку еволюції.

В Австралії живуть сумчасті ссавці, ростуть стародавні голонасінні (саговники) і дерев'янисті папороті. Ця частина світу раніше ніж інші відокремилася від первинного загального материка й тому відрізняється своєрідністю флори та фауни, а також повільними темпами еволюції.

Істотно відрізняється тваринний і рослинний світ Північної і Південної Америки. Це пояснюється тим, що два континенти з'єдналися порівняно недавно. Дуже своєрідні флора фауна озера Байкал, три чверті видів якого є ендемічними – більше ніде не зустрічаються.

Пояснити особливості сучасного географічного розміщення тварин і рослин на Землі можна тільки за допомогою еволюційних уявлень. Що сильнішими були окремі ізольовані ділянки біосфери, то глибші наявні відмінності їхнього тваринного і рослинного світу. Яскравим прикладом може слугувати флора і фауна островів. Виявилось, що розподіл тварин і рослин на островах тим більше відрізняється від континентального, що раніше вони відокремилися від материка.

Дані порівняльної біохімії

Біохімічні дані є дуже зручним критерієм для визначення спорідненості еволюційних груп.

Чим більш подібною є структура ДНК тих чи інших організмів, тим у ближчій спорідненості вони перебувають. Те саме стосується будови деяких білків, первинна структура яких у багатьох організмів практично однакова. Біохімічну гомологію підтверджує наявність у хребетних подібних або ідентичних гормонів, які виконують аналогічні функції.

5. ФАКТОРИ ТА ТЕМПИ ЕВОЛЮЦІЇ

Фактори еволюції — це впливи, що спричиняють адаптивні зміни організмів, популяцій і видів.

Згідно із сучасними уявленнями, на кожному з рівнів організації живої матерії діють особливі фактори еволюції, а їхня спільна дія зумовлює адаптації організмів і популяцій до умов довкілля.

Спадкова інформація (генотип) найзахищеніша від зовнішніх впливів, бо зосереджена всередині клітини — в цитоплазмі (прокаріоти) чи додатково оточена особливою ядерною оболонкою (еукаріоти). Вона забезпечує сталість генофонду виду.

Спрямованість спадкових змін, які відбуваються на молекулярному та клітинному рівнях (мутації та комбінативна мінливість), не залежить від умов довкілля, хоча їхня частота зростає під впливом особливих факторів - мутагенів.

На клітинному рівні відбуваються всі основні функції живого, які проявляються внаслідок взаємодії генотипу клітини з її оточенням.

Сам термін «боротьба за існування» не має біологічного сенсу. Його вживають для позначення всієї сукупності взаємозв'язків між організмами і довкіллям, тобто він охоплює цілий розділ екології — вчення про екологічні фактори. Ніяких особливих механізмів боротьби за існування не виявлено, хоча це поняття відіграло значну роль у побудові різних еволюційних гіпотез.

Усі екологічні фактори, якщо вони діють з відносно постійною інтенсивністю або остання періодично змінюється, є водночас і факторами еволюції. Внаслідок їхньої комплексної дії на популяції менш адаптовані особини гинуть, не залишаючи потомства.

Елімінація - загибель особини на будь-якому етапі індивідуального розвитку, коли вона не залишає нащадків. Елімінація змінює частоти зустрічальності організмів з певними генотипами, її слід відрізняти від природної смерті як завершення процесу старіння після розмноження, що не впливає на генофонд популяції.

Важливим показником біологічного процвітання виду є оптимальна густина просторового розміщення особин кожної з його популяцій, яка зумовлена збалансованістю народжуваності та загальної смертності (сума елімінації та природної смертності).

Внутрішньовидові фактори еволюції — це взаємозв'язки між особинами всередині популяції: міграції, хвилі життя, статевий добір, ієрархічні та інші взаємовідношення в зграях, табунах, колоніях, родинях, розподіл гніздових чи мисливських територій між особинами чи їхніми групами тощо.

Сукупна дія цих факторів зумовлює саморегуляцію густоти популяцій. Така саморегуляція обмежена, оскільки чисельність певної популяції насамперед залежить від стану популяцій інших видів даної екосистеми, пов'язаних ланцюгами живлення чи спільною територією.

Міжвидові фактори еволюції - це різні форми симбіозу, конкуренція, виїдання та інші типи міжвидових зв'язків. У різних умовах кожен із них діє з певною інтенсивністю, яка прямо пропорційна густоті популяцій видів, які взаємодіють. Так, кількість хижаків і паразитів зростає, коли збільшується чисельність популяції здобичі або хазяїна.

Антропогенний фактор, крім відомих негативних впливів на довкілля, є ще чинником еволюції паразитів, кровосисних комах, шкідників культурних рослин та синантропних видів, що мешкають у житлах людини чи поблизу них. Кліматичні фактори значно впливають на формування адаптації окремих популяцій і видів у цілому, а також на зміни, що відбуваються в біогеоценозах.

Темпи еволюції – це проміжки часу, за який виникають певні систематичні групи (від видів до царств). Ч. Дарвін вважав еволюцію безперервним і поступовим процесом, який відбувається шляхом незначних змін. Ж.-Б. Ламарк висловлював подібні погляди, однак вказував, що внаслідок «внутрішнього прагнення організмів до прогресу» ускладнення організації (градації) відбувається за незначні проміжки часу, тобто стрибкоподібно.

Автори синтетичної гіпотези еволюції темпи еволюційних процесів пов'язували з частотою зміни поколінь: чим вищі темпи зміни поколінь, тим швидше корисні мутації поширюються в популяціях. Це спричиняє зміни фенотипів і врешті-решт утворення нових видів. Таким чином, частота зміни поколінь прямо пропорційна темпам еволюції.

Однак дані палеонтології суперечать цій гіпотезі. Наприклад, у балтійському бурштині віком близько 40 млн. років знайдено понад 20 видів комах і кліщів, які майже не відрізняються від сучасних. Один із видів невеликих прісноводних ракоподібних — щитнів, широко розповсюджений у прісних водоймах, у викопному стані відомий, починаючи з початку тріасового періоду (майже 230 млн. років тому). Всім цим організмам властива висока швидкість зміни поколінь (не менше одного покоління за рік). З іншого боку, ряд Хоботні ссавці, у яких покоління змінюються дуже повільно (20—30 років), з'явився приблизно 36 млн. років тому, дав у минулому велику кількість різноманітних форм, а нині близький до вимирання.

Отже, темпи еволюції та історичний час існування певного виду чи надвидової систематичної групи не залежать від частоти зміни поколінь. Інші погляди на темпи еволюції висловили прихильники гіпотез неокатастрофізму та сальтаціонізму.

Неокатастрофізм - система поглядів, яка ґрунтується на факті етапності розвитку життя на Землі. У кожному геологічному періоді існували певні порівняно стабільні угруповання з притаманними їм видами. На межах цих періодів відносно швидко (за кілька сотень тисяч років) ці екосистеми руйнувались і замінювались іншими.

Об'єктивні підтвердження цього явища отримані внаслідок вивчення темпів вимирання одних та появи інших систематичних груп організмів різного рангу.

Біогеоценотична криза — необоротне одночасне руйнування біогеоценозів у певній частині біосфери. Ще на початку XIX століття геологи довели, що стан оболонки Землі різко змінювався за короткий час. Ці зміни зумовлені зсувом материкових платформ, горотворчими процесами, коливанням рівня Світового океану, активізацією вулканічної діяльності й відповідними викидами газів (вуглекислого, оксидів нітрогену, сульфурі тощо) в атмосферу. Періоди різких змін оболонки Землі чергуються з тривалими періодами їхнього стабільного стану.

У житті біосфери геологічні катастрофи призводили до глобальних або місцевих (локальних) біогеоценотичних криз, однак причини цих криз можуть бути не лише

геологічними, а й біогенними. Наприклад, біогеоценотичну кризу середини крейдяного періоду спричинила поява покритонасінних рослин, а сучасна екологічна криза — наслідок діяльності людини (антропогенний фактор).

Сальтаціонізм — система поглядів на темпи еволюції як стрибкоподібні зміни, що відбуваються за незначний проміжок часу і сприяють виникненню нових видів, родів тощо. Ці погляди побудовані на уявленнях про те, що темпи еволюції визначає швидкість змін умов довкілля. Отже, кожен вид має бути адаптованим до умов середовища життя в будь-який момент свого існування. Якщо ж він не встигає пристосуватись до відповідних змін довкілля, то вмирає. Тому в стабільні періоди розвитку біосфери темпи еволюції незначні, або ж вона не відбувається зовсім. Під час біогеоценотичних або біосферних криз ці темпи різко зростають і видоутворення відбувається досить швидко, стрибкоподібно.

Системи живих організмів бувають штучні та природні. Основний критерій для створення штучної (формальної) системи - це ступінь подібності класифікованих об'єктів без будь-якого врахування їхнього історичного споріднення. Такі штучні системи створюють через брак даних про особливості будови та онтогенезу певних груп організмів, викопних форм та ін.

Під час побудови природних (філогенетичних) систем застосовують такі принципи: всі сучасні види є потомками викопних форм, чим забезпечується безперервність життя; унаслідок дивергенції кожна систематична група має спільного предка.

Питання для контролю знань

1. Що таке мікроеволюція?
2. У чому полягає творча роль природного добору?
3. У чому полягає біологічна концепція виду?
4. Яке сучасне визначення виду?
5. Назвіть критерії виду.
6. Що таке видоутворення?
7. Яка роль ізоляції у видоутворенні?
8. Що собою становлять географічне й екологічне видоутворення?
9. Що таке макроеволюція?
10. Назвіть основні напрямки еволюції.
11. Дайте визначення поняттям «ароморфоз», «ідіоадаптація», «загальна дегенерація». Наведіть приклади.
12. Наведіть докази еволюції.
13. Що таке темпи еволюції?
14. Чому темпи еволюції не залежать від частоти зміни поколінь та часу історичного існування будь-якої групи організмів?

Перелік використаних літературних джерел: [1], [2], [6], [8], [11], [12].

ЛЕКЦІЯ 9. ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТОК ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

План

1. Виникнення і розвиток життя на Землі.
2. Історичний розвиток органічного світу.
3. Основні закономірності еволюції.
4. Діяльність людини як фактор еволюції.

Ключові слова: еволюція, креаціонізм, панспермія, біохімічна еволюція, архейська ера, протерозойська ера, палеозойська ера, мезозойська ера, кайнозойська ера.

1. ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИК ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Питання виникнення життя хвилювало людину з давніх-давен. Та в усі часи траплялися люди, які намагалися розв'язати цю одвічну загадку буття.

Існує декілька теорій походження життя на Землі. Найпоширеніші з них стверджують, що життя:

- було створене Богом (креаціонізм);
- виникло з неживої природи (теорія мимовільного зародження);
- існувало завжди (теорія стаціонарного стану);
- занесене на нашу планету ззовні (панспермії);
- з'явилося в результаті фізичних і хімічних процесів на Землі (теорія біохімічної еволюції).

Абіогенні гіпотези походження життя.

У 20-х роках ХХ століття російський учений О.І. Опарін та англійський — Д.Холдейн сформулювали біохімічну гіпотезу походження життя. Згідно з цією гіпотезою біологічній еволюції передувала хімічна, що тривала кілька сотень мільйонів років аж до появи життя. Первинна атмосфера Землі складалась із вуглекислого газу, метану, аміаку, оксидів сульфуру, сірководню та водяної пари. Озонового екрана не було і на поверхню Землі потрапляв потік космічного та ультрафіолетового сонячного випромінювань. Унаслідок підвищеної вулканічної активності у воді Світового океану й атмосферу з надр Землі надходили різноманітні хімічні сполуки. Такі умови вчені неодноразово відтворювали в лабораторіях. У водному розчині солей, близьких за складом до морської води, в умовах опромінення та пропускання через них електричних розрядів (аналогія блискавки), утворювались деякі органічні сполуки - нуклеотиди, амінокислоти, пептидні ланцюги, моносахариди тощо. Вони утворювали скупчення, відокремлені від води поверхнею розділу - коацерватні краплі, здатні існувати досить тривалий час. Нічого, що нагадувало б живих істот, за 70 років подібних експериментів одержати не вдалось.

Незважаючи на це, автори біохімічної гіпотези стверджують, що коацерватні краплі якимось чином перетворились на гіпотетичні «доклітинні» живі організми, від яких потім утворилися прокаріоти. Отже, абіогенні гіпотези походження життя досі довести не вдалось.

Таким чином, за уявленнями Опаріна і Холдейна, можна виділити такі *стадії біогенезу*:

- 1) утворення абіогенним шляхом органічних молекул;
- 2) утворення полімерів – білків і нуклеїнових кислот;

- 3) утворення коацерватів (агрегація, об'єднання коацерватів у дискретні групи);
 4) формування ліпідних мембран навколо молекул білків і нуклеїнових кислот; завдяки мембранам стає можливим вибірний транспорт речовини;
 5) виникнення метаболізму (обміну речовин між коацерватом і середовищем);
 б) набуття коацерватами здатності до відтворення (простий поділ на основі редуплікації ДНК).

Біогенні гіпотези походження життя.

Сучасні біогенні погляди мають назву «гіпотези панспермії». Вперше на початку ХХ століття її сформулював видатний шведський фізик С. Арреніус, а розвинув геніальний український учений В.І. Вернадський.

Відомо, що спори прокаріотів можуть без втрати здатності до життєдіяльності витримувати тривале перебування у вакуумі при температурах, близьких до абсолютного нуля (-273°C), а також радіаційне та ультрафіолетове опромінення, тобто умови космічного простору. Вони легко проникають у верхні шари атмосфери планет і завдяки мізерній власній масі можуть легко потрапляти у відкритий космос або, навпаки, в атмосферу з міжпланетного простору.

С. Арреніус підрахував, що тиск світла спричинює помітну механічну дію на частки діаметром близько 0,015 мм, переміщуючи їх. Саме такий діаметр мають спори більшості бактерій. Спора, розганяючись під дією тиску сонячних променів, за 20 діб може подолати відстань між орбітами Землі та Марса, а за 80 — досягти орбіти Юпітера. Спороподібні частки нещодавно знайдено в метеоритах. Отже, в космосі присутні спори прокаріотів, які безперервно потрапляють на планети. В сприятливих умовах з них виходять активні форми прокаріотів різних видів, які утворюють первинні прокаріотні біогеоценози. Подальша еволюція таких «видів-переселенців» відбувається в різних напрямках відповідно до змін умов навколишнього середовища на певних небесних тілах.

Із цього випливає, що проблема виникнення життя залишається нерозв'язаною. Наукової теорії, яка б пояснювала цей процес, досі не існує. Механізм переходу від складних неживих речовин до простого живого організму все ще належить до нерозкритих таємниць природи.

2. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Історію розвитку життя ділять на більш-менш тривалі відрізки часу – *ери й періоди*. Кожному такому відрізку властива характерна тільки для нього флора і фауна. Всі ери і періоди дістали свої назви:

Архейська – найдавніша ера в історії розвитку Землі, ера виникнення життя.

Протерозойська - ера виникнення найпростіших організмів.

Палеозойська – ера древнього життя у геологічній історії Землі, характеризується формуванням усіх типів рослин і тварин.

Мезозойська – ера серединного життя, характерна розвитком плазунів, птахів і перших ссавців.

Кайнозойська – ера нового життя в історії Землі, ера формування всіх сучасних форм рослин і тварин. Ця ера триває і нині.

Іноді історію Землі розподіляють за розвитком рослинності на такі ери:

- *палеофіт* (древня рослинність), закінчується наприкінці палеозою, - ера розвитку безквіткових;

- *мезофіт* (середня рослинність), закінчується у середині мезозою, - ера розвитку голонасінних;

- *кайнофіт* (нова рослинність), триває і нині, - ера покритонасінних.

Етапи розвитку життя.

Археї почався відтоді, коли Земля сформувалась як планета – близько 3,5-4 млрд років тому. Тривалість його – 1 млрд. років. В археї виникли умови для зародження життя. Перші рештки живих організмів знайдено у австралійських та південноафриканських осадових породах віком приблизно в 3,5 млрд. років, які, на думку вчених, сформувались в *архейську еру* (почалась приблизно 4,5, а закінчилась — 2,5 млрд. років тому). Це були прокаріоти, представлені залишками карбонатних оболонок колоній ціанобактерій та клітинними стінками бактерій різної форми (кулясті, паличкоподібні та ниткоподібні).

Ароморфози архейської ери:

- 1) утворення первинної клітини;
- 2) виникнення мітозу, що поклало початок еволюції; унаслідок мітозу дочірні клітини отримували від материнської всю повноту генетичної інформації;
- 3) поява статевого процесу, який сприяв генетичній різноманітності та прискоренню еволюційних змін;
- 4) формування примітивних багатоклітинних (починаючи з колоніальної форми існування);
- 5) виникнення автотрофних (фотосинтезуючих) організмів (синьо-зелені водорості), гетеротрофних організмів (бактерії);
- 6) виникнення перших еукаріотичних клітин;
- 7) виникнення організмів аеробів.

У середині архейської ери припускають існування періоду, який називається *Першою кризою життя*, викликаною нестачею речовин небіологічного походження. У результаті кризи відбувся поділ примітивних організмів за способом живлення: одні з них розширили сферу живлення за рахунок набуття нових ферментних систем, другі перейшли до активного поглинання інших клітин, а треті почали синтезувати для себе поживні речовини за допомогою сонячної енергії (фотосинтезуючі організми).

Наприкінці архейської ери змінилася атмосфера й почалася *Друга криза життя* на Землі. Вона пов'язана з тим, що завдяки фотосинтезу атмосфера почала збагачуватися киснем. У результаті кризи загинула більшість анаеробних організмів, за винятком дебільної бактерій, які сховалися від окисника під землю, у товщі води тощо. Клітини, які вижили, стали аеробами і саме тоді з'явився такий спосіб добування енергії клітиною, як гліколіз.

Перші живі істоти не мали ні панцирів, ні черепашок, ні твердих скелетів. Тому в породах архейської ери не залишилось їх відбитків. Проте поклади вапняку та графіту архейської ери, які утворилися в результаті діяльності живих організмів, свідчать про їх існування.

Протерозойська ера.

У відкладеннях протерозойської ери, що почалася приблизно 2,7 млрд. років тому, вже знаходяться скам'янілі сліди повзаючих черв'їв, відбитки кишковопорожнинних, голки губок, черепашки найпростіших.

Протягом першої половини протерозойської ери (почалась 2,5 млрд., закінчилась - близько 0,6 млрд. років тому) прокаріотні екосистеми опанували весь Світовий океан. Близько 2 млрд. років тому з'явилися первісні одноклітинні еукаріоти, які швидко дивергували на рослини (водорості), тварин (найпростіші) та гриби.

Як спосіб досягнення біологічного прогресу для еукаріотів характерне ускладнення організації в процесі історичного розвитку. Вже в одноклітинних організмів (водорості, інфузорії) клітини побудовані дуже складно. Поява багатоклітинних організмів - ще один прояв здатності еукаріотів до ускладнення будови. Більшість учених вважає, що багатоклітинні організми походять від колоніальних унаслідок диференціації клітин останніх.

У чому суть симбіотичної гіпотези походження еукаріотів? Є кілька гіпотез походження еукаріотів, з яких у наш час найпопулярніша симбіотична, її послідовники вважають, що двомембранні органели, які мають свій геном і здатні до розмноження поділом (пластиди та мітохондрії) - нащадки симбіотичних прокаріотів, котрі втратили здатність до існування поза клітиною хазяїна. Спільне існування кількох видів прокаріотів привело врешті-решт до появи еукаріотичних клітин.

Палеозойська ера.

Палеозойська ера почалась близько 600 млн. і закінчилась 240 млн. років тому. Протягом цього часу життя опанувало суходіл і біосфера досягла сучасних меж. Її поділяють на шість періодів: *кембрійський, ордовицький, силурійський, девонський, кам'яновугільний, пермський.*

Кембрійський період (600-500 млн. років тому) відрізнявся загалом теплим кліматом. Життя сконцентрувалося переважно в мілководних морях з температурою води +20...25° С.

З цього періоду відомі рештки зелених і червоних водоростей, а також найпростіших одноклітинних тварин — форамініфер. З'являються губки.

З кембрійських відкладень відомі добре збережені відбитки морських багатощетинкових черв'їв, членистоногих — ракоподібні та особливі, нині вимерлі, форми — трилобіти. З'являються представники всіх відомих класів молюсків: двостулкові, черевоні, головоногі. Останні мали зовнішню черепашку.

У цьому періоді жили представники 8 класів типу голкошкірих (нині налічують 6 класів цих тварин). Це виключно морські тварини з променевою, рідше - двобічною симетрією.

З'являються перші хордові, загалом подібні до сучасного ланцетника, а наприкінці періоду - представники хребетних (безщелепні).

Ордовицький період закінчився 440 млн. років тому (тривалість складає 500 млн. років). У морях існували велетенські головоногі, вкриті конусоподібними черепашками до 9 м завдовжки. Відомо близько 20 класів голкошкірих, серед яких також були гігантські форми — морські лілії завдовжки до 20 м. З'являються різні коралові поліпи, які стали основними рифоутворювачами. Життя опанувало прісні водойми, де росли зелені водорості, мешкали різноманітні ракоподібні та найбільші

за всю історію Землі членистоногі — ракоскорпіони. Ці хижаки досягали 2 м завдовжки.

У середині палеозойської ери життя поступово опанувало добре зволожені частини суходолу.

Силурійський період. Для силурійського періоду (440-400 млн. років тому) характерна наявність мілких (до 10 м глибини) теплих морів зі зниженою солоністю. В них з'являються перші щелепні хребетні, представлені особливими викопними класами риб. Силурійські риби мали хрящовий внутрішній скелет, у них не було зябрових кришок та плавального міхура. Вважають, що всі вони були хижаками.

У прибережних частинах континентальних водойм утворився шар мулу внаслідок мінливості рівня води. Він став основою первісних ґрунтів, на яких утворилися наземні біогеоценози. Їхню основу складали вищі спорові рослини з відділів Риніофіти та Плауноподібні. З тварин там мешкали ґрунтові види (малощетинкові черви та ін.) та рослиноїдні багатоніжки. Це особливий клас членистоногих, представники якого і нині широко розповсюджені на Землі, їхнє тіло поділене на голову та багатосегментний тулуб, кожний сегмент якого несе 2 пари кінцівок. Відомі також перші наземні хижаки — скорпіони.

Девонський період.

Протягом девонського періоду (закінчився близько 350 млн. років тому) процеси гороутворення чергувались із опусканнями суходолу, що спричинювало часті біоценотичні кризи. Тому темпи еволюції загалом були досить високими.

На початку періоду вимерли більшість трилобітів, а наприкінці - панцирні риби та щиткові. На понижених зволжених частинах суходолу утворилися ліси із дерев'янистих вищих спорових — плаунів, хвощів, папоротей. З'являються перші голонасінні з класу насінних папоротей. Ці рослини зовні нагадували деревоподібні папороті, але розмножувались насінням. З безхребетних тварин суходіл опанували павуки та кліщі.

У морях з'являються хрящові риби (акули та деякі інші); в прісних водоймах - кісткові риби. Це переважно кистепері та дводишні, які досягли значного видового різноманіття, а також променепері. Нащадки деяких кистеперих пристосувались до життя на суходолі, де знайшли багату кормову базу у вигляді наземних безхребетних. Однак їхні розмноження та розвиток відбувались у воді. Так з'явилися перші земноводні. У зв'язку з диханням атмосферним киснем у них різко зросла кількість гемоглобіну в крові, тому основним органом кровотворення наземних хребетних стає червоний кістковий мозок (у риб — лише селезінка). Девонські земноводні мали найрізноманітніші розміри (від кількох сантиметрів до 3—4 м завдовжки) та форму тіла.

Наприкінці палеозойської ери життя опанувало всю поверхню суходолу і біосфера досягла сучасних меж.

Кам'яновугільний період (тривалість складає 70 млн. років)

Кам'яновугільний період закінчився 280 млн. років тому. Він був одним із найтепліших в історії Землі. На суходолі було багато зволжених низовин, де буяли ліси з різноманітних вищих спорових та голонасінних. Потрапляючи в заболочений ґрунт, стовбури відмерлих дерев через відсутність кисню не перегнивали, а

замулювались, вкривались шарами піску та глини і врешті-решт виявились на значних глибинах під землею, де в умовах високого тиску перетворились на кам'яне вугілля (звідси походить назва періоду). В цей час з'явилися хвойні рослини, розмноження яких не було пов'язане з водою. Вони утворили основу біогеоценозів середньозволожених та посушливих місцевостей, і на кінець періоду весь суходіл був опанований життям, тобто біосфера досягла сучасних меж. У цей час з'являються також мохоподібні.

Тварини швидко опановували суходіл слідом за рослинами. На початку періоду від якихось прісноводних ракоподібних утворилися спочатку безкрилі, а потім - крилаті комахи, яких на кінець періоду налічують вже 15 рядів.

У середині періоду деякі земноводні пристосувались до розмноження на суходолі завдяки появі внутрішнього запліднення, багатих на запасні речовини яєць, вкритих товстими водонепроникними оболонками, та прямого розвитку.

Пермський період (280-240 млн. років тому, тривалість складає 45 млн. років.) характеризувався пониженням рівня Світового океану. Протягом цього періоду відбулося кілька зледенінь значної частини суходолу і, відповідно, біосферних криз, а також пов'язані з ними вимирання одних та поява інших груп організмів.

Основу наземних біогеоценозів становили хвойні та деякі інші голонасінні, а деревоподібні вищі спорові майже повністю вимерли. Відбувалася подальша адаптивна радіація комах; на кінець періоду їх відомо вже 30 рядів, серед них — прямокрилі, жорсткокрилі, лускокрилі та перетинчастокрилі. Значно зросло різноманіття плазунів; з'явилися черепахи, ящірки та деякі інші форми.

На кінець періоду в морях повністю вимирають трилобіти, колючозубі риби та багато інших груп тварин, а в прісних водоймах - значна частина дводішних та кистеперих риб і первісних земноводних. Отже, в пермський період відбулися зміни, які підготували панування голонасінних і плазунів протягом наступної мезозойської ери.

Мезозойська ера розпочалася 240 і закінчилась 65 млн. років тому. Під час мезозою формувалися сучасні контури материків і океанів, сучасна морська флора і фауна. Ця ера поділяється на три періоди: тріасовий, юрський та крейдяний.

Тріасовий період закінчився близько 185 млн. років тому (тривалість 35 млн. років). Його кліматичні умови загалом нагадували пермський. У морях тривало зростання різноманітності хрящових і кісткових риб; останні поширилися і в солоних водоймах. З цього періоду відомі представники всіх сучасних та деяких викопних рядів комах.

З'являються два ряди наземних плазунів, відомих під загальною назвою динозаври. Від невеликих за розмірами комахоїдних звірозубих у другій половині періоду походять перші ссавці. Вони були невеликі (5—15 см завдовжки), вкриті шерстю, і зовні нагадували сучасних землерийок.

Із середини тріасового періоду відомі крокодили, які, на відміну від сучасних, були дуже рухливими наземними хижаками з видовженими, пристосованими до бігу, кінцівками.

Тріасовий період закінчився біосферною кризою, спричиненою підйомом рівня Світового океану та пов'язаним із цим загальним потеплінням клімату, що

супроводжувалось вимиранням багатьох груп — первісних земноводних, звірозубих та інших тварин.

Юрський період (185-130 млн. років тому, тривалість 58 млн. років) характеризувався переважно помірним кліматом; у цей час існувало багато мілководних морів. У них дуже поширились головоногі моллюски, що загалом нагадували кальмарів, однак мали зовнішню пряму черепашку - белемніти.

Крокодили стають водними тваринами; крім прісних водойм вони заселили солоні. Поширились водяні хижі плазуни, плезіозаври та іхтіозаври.

Птерозаври, або літаючі ящери, з'явилися наприкінці тріасового періоду, однак найбільшого різноманіття досягли в юрський та крейдяний.

У юрському періоді були поширені рамфоринхи, що мали довгий хвіст і розмах крил до метра. Це були комахоїдні та рибоїдні тварини.

Динозаври були дуже різноманітними. На чотирьох кінцівках пересувались переважно рослиноїдні види, з яких найвідоміший диплодок завдовжки 30 м і схожий на нього, але кремезніший, бронтозавр масою близько 80 т. Деякі динозаври юрського періоду пересувались на задніх кінцівках, а передні були вкорочені. Серед них були і дрібні тварини масою не більше 2,5 кг, і хижаки до 6 м завдовжки.

В лісах мешкав археоптерикс, крилоподібні передні кінцівки якого мали пальці для лазіння по деревах. Він був здатний ширяти з дерева на дерево. Вважають, що від подібних динозаврів походять птахи.

Тривала еволюція ссавців, яких відомо чотири ряди. Всі вони були дрібними тваринами.

У другій половині періоду різко підвищився рівень Світового океану, що спричинило потепління клімату і чергову біосферну кризу, внаслідок якої сформувались біогеоценози початку наступного, крейдяного періоду.

Крейдяний період (130-65 млн. років тому, тривалість складає 70 млн. років) названо так тому, що в морях, крім бентосних, розповсюдились і досягли великої чисельності планктонні форамініфери. Залишки їхніх черепашок утворили поклади крейди та вапняку.

Екосистеми першої половини періоду істотно не відрізнялись від юрських. У цей час досягли найбільшої видової різноманітності безхвості літаючі ящери, їхні розміри варіювали від 10 см до 13 м (птеранодон) у розмаху крил.

У середині періоду відбулась біосферна криза, зумовлена не змінами клімату, а біотичним фактором — появою покритонасінних квіткових рослин. Вважають, що вони походять від якихось голонасінних, залишки яких не збереглись. Завдяки подвійному заплідненню та запиленню комахами, вони зруйнували екосистеми, основою яких були голонасінні, й утворили нові біогеоценози.

Протягом геологічної історії Землі окремі біогеоценози завжди гинули від випадкових причин (наприклад, пожежа від удару блискавки). Вони відновлювались завдяки сукцесіям. Насіння квіткових, потрапивши в такі зруйновані екосистеми, швидко проростало, ці рослини запилювалися комахами (тоді це були переважно жорсткокрилі) і знову давали насіння. Так квіткові пригнічували проростання насіння голонасінних, змінюючи хід сукцесій.

Разом із голонасінними вимерло багато груп тварин. Зокрема, зникло близько двох третин видів комах, 5 родин динозаврів. Це збіглося з вимиранням значної частини морських планктонних форамініфер, що значно змінило твердість води. Останнє, у свою чергу, призвело до вимирання багатьох головоногих моллюсків із зовнішньою черепашкою, іхтіозаврів та інших тварин.

У другій половині періоду сформувалися нові біогеоценози, основу яких становили комахоzapильні дводольні та однодольні покритонасінні рослини, а також частина хвойних (переважно соснові). Відбувається бурхлива спряжена еволюція квіткових рослин та комах-запилювачів: відомі бджоли, денні метелики, сучасні групи мух. У цей час з'являються сумчасті та плацентарні ссавці. Останні були представлені комахоїдними, рукокрилими, приматами (напівмавпи) та кількома нині вимерлими рядами.

З середини періоду відомі птахи, які співіснували з іншими літаючими хребетними — птерозаврами та рукокрилими.

Частина динозаврів пристосувалась до нових умов і досягла значної різноманітності (відомо близько 120 видів).

Наприкінці крейдяного періоду відбулася ще одна біосферна криза, спричинена подальшим опусканням материків. Клімат став дуже вологим, що призвело до зникнення біогеоценозів посушливих та помірно зволжених ландшафтів та до вимирання багатьох груп комах, зубастих птахів, динозаврів, літаючих ящерів, кількох рядів ссавців. У морях зникли плезіозаври. Ці зміни підготували умови для утворення кайнозойських екосистем.

Кайнозойська ера – ера нового життя, розпочалась близько 67 млн. років тому і триває досі. У цю еру сформувалися сучасний рельєф, клімат, атмосфера, флора, фауна. Кайнозой поділяють на два періоди – третинний і четвертинний. Інша класифікація періодів - палеогеновий, неогеновий та антропогеновий періоди.

На початку **третинного періоду** (тривалість складає 65 млн. років) широко розповсюдились сумчасті ссавці. З'явилися перші коні – еогіпуси, предки носорогів – невеликі безрогі тварини.

На території сучасної Азії в третинному періоді клімат був теплим і вологим. Сформувалися предки сучасних хоботних тварин розміром з тапіра, предки мавп і лемурів, перші свині, бобри, ховрахи, карликові безгорбі верблюди, кажани, примати. З'явилися безліч беззубих птахів, характерних для нашого часу, але поряд із ними існували гігантські нелітаючі птахи, які повністю вимерли наприкінці третинного періоду – діатрима і фороракос. Ліси населяли олені, лісостеп – жирафи, території біля боліт і озер – бегемоти, свині, тапіри. Серед хоботних виділялись мастодонти й сучасні слони. На деревах поряд із нижчими приматами, поселялися людиноподібні мавпи. Пізніше з'явилися дельфіни, тюлені, моржі. Наприкінці третинного періоду частими стають кліматичні коливання, що зумовили появу тварин, пристосованих переносити льодовикові періоди – мамонтів і шерстистих носорогів, які досягали 3,5 м. заввишки. Флора пізнього третинного періоду в середній смузі представлена грабом, тополею, каштаном, дубом, березою; на півночі – ялиною, сосною, вербою, буком, ясенем, дубом, кленом, сливою. На півдні Європи росли пальми та лаври.

Протягом *четвертинного періоду*, який почався 2 млн. років тому, материки й океани набули сучасних обрисів. Кілька разів змінювався клімат Землі. Типова полярна фауна (песець, полярний вовк, північний олень) заселила північну тундру. Південніше жили дворогі бізони, коні, олені, сайгаки, бурі та печерні ведмеді, вовки, лисиці, носороги, смайлоданти (шаблезубі тигри), печерні та звичайні олені. У саванах Європи існували гієни, тигри, леопарди. У горах водилися тури, барси. У повноводних європейських річках розселилися безліч видів костистих риб. На Мадагаскарі жили страусоподібні птахи - епіорніси, заввишки до 4 м. У новій Зеландії доісторичного часу збереглися нелітаючі птахи – моа, дронти. Мандруючі голуби ще в ХІХ ст. величезними зграями селилися в Америці. В Ісландії жили безкрилі гагари. Багато з цих птахів знищено людиною.

3. ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕВОЛЮЦІЇ

1. *Еволюція в різні періоди відбувається з різною швидкістю.* Майже 20 млн. років знадобилося, щоб рослини і земноводні вийшли на суходіл. Понад 100 млн. років пішло на те, щоб Царство плазунів досягло величі і процвітання. На висоті своєї «слави» вони знаходилися лише 70-60 млн. років; наступні 35 млн. років їхнє місце зайняли птахи і ссавці. Багато з них набули знайомого нам вигляду 5-67 млн. років тому.

2. *Еволюція організмів різних типів відбувається я з різною швидкістю.* З одного боку, деякі види плечоногих зовсім не змінилися, принаймі останні 500 млн. років; з іншого – за останні кілька тисяч років з'явилося і вимерло декілька видів гомінід.

3. *Нові види утворюються не з високорозвинених і спеціалізованих форм, а, навпаки, з відносно простих, неспеціалізованих форм.* Наприклад, ссавці походять не від великих спеціалізованих динозаврів, а від групи порівняно дрібних неспеціалізованих рептилій.

4. *Еволюція не завжди відбувається від простого до складного.* Існує багато прикладів «регресивної» еволюції, коли складна форма дає початок більш простим. Більшість паразитів походить від вільно живучих предків, що мали більш складну організацію, ніж сучасні форми. Усе це пов'язано з випадковим характером мутацій і з тим, що вони не обов'язково призводять до змін від простого до складного і від недосконалого до досконалого. Якщо якому-небудь виду вигідно мати більш просту будову або зовсім позбавитися якогось органа, то будь-які мутації, що відбуваються в цьому напрямку, накопичуватимуться шляхом природного добору.

5. *Еволюція торкається популяцій, а не окремих особин* і відбувається в результаті процесів мутування, диференціального відтворення, природного добору, і дрейфу генів.

4. ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ ЯК ФАКТОР ЕВОЛЮЦІЇ

Господарська діяльність людини у наш час є провідним фактором еволюції. Вона проявляється у знищенні біогеоценозів унаслідок вирубування лісів, розорювання степів, створення водосховищ, поселень, промислових центрів, агроценозів; змінах

газового складу повітря, води та ґрунтів через їхнє забруднення промисловими відходами.

Замість стабільних екосистем з високою видовою різноманітністю людина створює нездатні до саморегулювання лісові насадження та агроценози з незначною кількістю видів. Це призводить до неспряженої еволюції екологічно пластичних видів тварин — фітофагів, які стають шкідниками культурних рослин, а також всіляких бур'янів. Зростання чисельності популяцій свійських тварин і самої людини стимулює еволюцію пов'язаних з ними паразитичних, кровосисних та синантропних видів. Така діяльність призводить до дестабілізації біосфери та її кризи з непередбаченими наслідками, безумовно катастрофічними для природи всієї планети, включаючи й антропогенізовані промислові та сільськогосподарські ландшафти. Тому лише негайний перехід до гармонійного ведення господарської діяльності людини може відвернути загрозу екологічної катастрофи. Окремі природоохоронні заходи без докорінної зміни світогляду людини та принципів ведення її господарства можуть лише трохи відстрочити цю загрозу.

Питання для контролю знань

1. Що таке абіогенез і біогенез?
2. У чому суть гіпотези Опаріна-Холдейна?
3. Які основні положення гіпотези панспермії вам відомі?
4. В чому полягають особливості еволюції прокариот?
5. Коли виникли і що становили собою перші еукаріотичні організми?
6. Які гіпотези походження багатоклітинних організмів вам відомі?
7. Які пристосування вищих рослин до наземного способу життя вам відомі?
8. Які риси наземних, а які – водяних тварин є у земноводних?
9. Які особливості клімату кам'яновугільного періоду сприяли розквіту наземних екосистем?
10. Які групи плазунів і предків ссавців існували в пермський період?
11. Які чинники сприяли виходу тварин на суходіл у палеозойську еру?
12. Які систематичні групи рослин і тварин панували в мезозойську еру?
13. У чому полягає причина біосферної кризи всередині крейдяного періоду і які її наслідки?
14. Назвіть періоди та епохи кайнозойської ери.
15. Яка загальна характеристика фауни і флори Землі в кайнозойську еру?
16. Чому поява людини стала провідним фактором розвитку життя на землі в кайнозойську еру?
17. Чому антропогенний вплив на природу став домінуючим фактором еволюції живих організмів?

Перелік використаних літературних джерел: [2], [5], [6], [8], [10], [11].

ЛЕКЦІЯ 10. ПОХОДЖЕННЯ ЛЮДИНИ

План

1. Біологічні особливості людини. Місце людини в природному царстві.
2. Рушійні сили та етапи еволюції людини.
3. Зростання народонаселення. Раси людини.

Ключові слова: антропогенез, дріопітеки, австралопітеки, пітекантропи, синантропи, неандертальці, кроманьйонці, архантропи, палеоантропи, неоантропи, раси.

1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛЮДИНИ. МІСЦЕ ЛЮДИНИ В ПРИРОДНОМУ ЦАРСТВІ.

Людина є нащадком тварин, і порівняння з різними сучасними і вимерлими хребетними створює можливість встановити основні зміни, які привели до формування специфічних особливостей у будові її кісток, внутрішніх органів, системи кровообігу та ін. Вважають, що людина з'явилася в кінці кайнозойської ери.

Представники виду *Людина розумна (Homo sapiens)* характеризуються як розумні, суспільні й такі, що мають самосвідомість істоти. Люди мають **чотири унікальні особливості**, властиві тільки цьому виду: **вертикальний скелет, рухливі руки**, здатні маніпулювати предметами, **тривимірний колірний зір** і унікальний за своєю складністю **мозок**.

Незважаючи на численні переваги, **тіло людини має свої недоліки**. Більшість проблем пов'язана з **вертикальним положенням скелета**. Для того, щоб людина могла повертати тулуб і нахилитися, у неї з'явилися клиноподібні хребці, які спираються на свої масивні передні краї. Це ослаблює нижню частину хребта, й тому підняття ваги може призвести до зсуву хребця або зношування між хребцевого хряща (диска). Оскільки тіло спирається на дві кінцівки, ноги можуть страждати від перевантаження, а стопи прогинатись, що викликає плоскостопість, зміну форми кісток і викривлення пальців ніг.

Вертикальне положення тіла завважає і кровопостачанню. Щоб пройти зворотній шлях від ніг до серця, венозній крові доводиться подати силу тяжіння протяжністю більше 1,2 м. Якщо пошкоджені клапани вен нижніх кінцівок не здатні перешкодити зворотному плину крові, ми відчуваємо тяжкість, біль у ногах та інші симптоми варикозного розширення вен. Поганий відтік венозної крові може спричинити запалення стегнової вени лівої ноги під час вагітності, коли посилений тиск внутрішніх органів притискає цю вену до місця з'єднання двох хребців у нижній частині хребта.

Погіршення прохідності родового каналу в результаті прямоходіння і збільшення черепа дитини створюють складнощі під час пологів.

Ще однією «**платою**» за **перехід до ходіння на двох ногах є грижа**. У чотириногих тварин кишечник прикріплений до хребта широкою зв'язкою, у людини він закріплений не так міцно. Тому через ослаблену черевну стінку кишечник може випинатись вперед, утворюючи грижу.

Зменшення довжини щелеп приводить до надмірно ущільненого розташування зубів. Їжа застряє між ними, піддається руйнуванню бактеріями. Продукти життєдіяльності бактерій руйнують емаль зубів, викликаючи карієс.

Недаремно карієс і періодонтит (запалення корінної оболонки зуба) є найпоширенішим неінфекційним захворюванням в людській популяції.

Недарма людину називають «недосконалим створінням, справжнім вінегретом ознак».

Найбільш близькі до людини за будовою і життєдіяльністю є людиноподібні мавпи: орангутанг, горила і шимпанзе. У мавп, як і у людини, розрізняють чотири групи крові, їх еритроцити не руйнуються в крові людини. У мавп і людини є загальні хвороби (холера, грип, віспа), паразити (воша). Ці мавпи ходять на задніх кінцівках, у них немає хвоста, є нігті. Генетичний матеріал людини і шимпанзе ідентичний на 98 %.

Згідно з існуючою класифікацією людина належить до:

типу Хордових,
підтипу Хребетних,
класу Ссавців,
ряду Приматів,
родини Гоменід (Вузьконосих мавп),
роду Людина (*Homo*),
виду Людина розумна (*Homo sapiens*).

До специфічних особливостей людини відносяться: S-подібний хребет, склепінчаста стопа, широкий таз, могутні кістки нижніх кінцівок, широка грудна клітка; великий палець руки протистоїть іншим пальцям; великий об'єм головного мозку (1200 – 1450 см³, у мавп – 600 см³); переважання мозкової частини черепа над лицьовою; здатність до трудової діяльності; розвинене мислення і свідомість; наявність мови.

2. РУШІЙНІ СИЛИ ТА ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ ЛЮДИНИ.

Антропогенез - процес історико-еволюційного формування фізичного типу людини, первинного розвитку її трудової діяльності, мови, а також суспільства. Вчення про антропогенез – розділ антропології.

Антропология – наука про походження людини, утворення людських рас і нормальних варіацій фізичної будови людини. Як самостійна наука сформувалась у середині ХІХ ст.

Антропогенез відбувається під впливом біологічних і соціальних чинників.

Біологічні фактори, або рушійні сили антропогенезу, є загальними для всіх живих істот, зокрема і людини. Це спадкова мінливість, боротьба за існування, природний добір. Вони відігравали велику роль на ранніх етапах еволюції людини, але й зараз не втратили свого значення. У людини відбуваються спадкові зміни. На ранніх етапах еволюції, коли людина дуже залежала від природи, між особинами відбувалася боротьба за існування. В результаті природного добору виживали переважно особини з корисними в даних умовах середовища спадковими змінами.

Соціальними факторами антропогенезу є праця, суспільний спосіб життя, свідомість, мова. Здатність виготовляти знаряддя праці властива тільки людині. Тварини можуть лише використовувати окремі предмети. Трудова діяльність сприяла

закріпленню певних морфологічних і фізіологічних змін у предків людини – прямоходіння, вдосконалення руки.

Завдяки прямоходінню сформувались S-подібний хребет, склепінчаста стопа, розширення тазу і грудної клітки. Найважливішим результатом прямоходіння стало звільнення руки, яка удосконалювалася в процесі трудової діяльності.

Трудова діяльність сприяла об'єднанню членів суспільства, які разом полювали, виховували потомство, захищались від ворогів. Завдяки суспільному способу життя формувалось людське суспільство.

Спілкування сприяло розвитку мови. Спочатку наші предки обмінювалися жестами, окремими звуками. З формуванням мови удосконалювалися гортань і ротовий апарат людини.

Праця і мова сприяли розвитку мозку, формуванню свідомості.

В еволюції людини виділяють чотири етапи:

- 1) попередники людей (австралопітеки);
- 2) найдавніші люди (архантропи);
- 3) стародавні люди (палеоантропи);
- 4) перші сучасні люди (неоантропи).

Попередники людей. Ймовірно, перший з відомих двоногих гомінід був виявлений у 2000 р. в Кенії. Рештки істоти, яка отримала назву «людина мілленіума» (*Orrorin tugenensis*) виявили у товщі гірських порід віком 6 млн. років. Пізніше (3-5 млн років тому) виникли *австралопітеки*. Вони жили в Південній і Східній Африці, одночасно існувало декілька видів австралопітеків. Ці істоти, розміром з шимпанзе, мали зуби, схожі із зубами людини, менш похиле, ніж у мавп, чоло. Зріст австралопітеків складав 120-130 см, маса 30-40 кг, об'єм черепа у них досягав 500-600 см³. Вони мали такі характерні особливості: пересувалися на двох ногах; вживали і рослинну, і тваринну їжу; жили в саванах; використовували палиці і камені; жили групами.

Відомо декілька видів австралопітеків. Їхні останки знайдені в Південній і Східній Африці: у межигір'ї Олдувай (Танзанія), долині річки Омо і в місцевості Хадар (Ефіопія), у районі озера Рудольфа (Кенія). Найбільш прогресивна гілка австралопітеків перейшла до виготовлення знарядь – Людина уміла (*Homo habilis*).

Багато учених не вважають австралопітеків безпосередніми предками людини. Мабуть ці істоти були тупиковою гілкою еволюції. Перші люди існували одночасно з австралопітеками.

Найдавніші люди. До них відносять людину прямоходячу (*Homo erectus*). Багато в чому була подібна до сучасної людини. Зріст її досягав 180 см. Череп був довгим і низько посаженим, зі скошеним лобом, плоскою лицьовою частиною, великими випинаючими вперед щелепами й великими зубами. Вони жили близько 1 млн. – 200 тис. років тому. Представниками найдавніших людей є пітекантроп (або яванська людина) (об'єм мозку 900-1100 см³), синатроп (або пекінська людина) (1220 см³) і гейдельберзька людина (об'єм мозку не визначений, оскільки знайдено лише одну щелепу без виступу підборіддя; у щелепі збереглися зуби, які мали таку ж будову, як і в сучасної людини). З'явившись уперше в Африці, окремі групи поширилися потім у Європі, Східній Азії (синантроп) і Південно-Східній Азії (пітекантроп). Найдавніші

люди були канібалами. Вони виготовляли кам'яні знаряддя праці, можливо, користувалися вогнем, але не вмiли його здобувати; житла не будували. Максимального розвитку досягли майже 600-400 тис. років назад.

На цій стадії антропогенез повністю контролювався природним добром.

Стародавні люди з'явилися близько 300 тис. років тому. Найдокладніше вивчено специфічний підвид *Homo sapiens* - неандертальців (*Homo sapiens neanderthalensis*), які відрізнялися від своїх попередників більшими розмірами головного мозку (1400 см³), розвиненішим мисленням і мовою. Неандертальці жили в період з 300-го до 40-го тисячоліття до н.е. в Європі й Азії. Вони були такого самого зросту, як і найдавніші люди 156-165 см. У зовнішньому вигляді все ще зберігалися примітивні риси – низьке похиле чоло, високі надбрів'я, виступаючі щелепи, слабо розвинений виступ підборіддя. Жили групами по 50-100 осіб, чоловіки полювали, а жінки займалися збиранням. Вони виготовляли різноманітні знаряддя – скребла, гострі наконечники з каменя, дерева, кістки. Вони вже вмiли розкласти вогонь, викреслюючи іскри зі шматочків колчедану. Користувалися штучними житлами, кам'яними ножами для кроєння хутряних шкір, проколювали дірки в них кам'яним або кістяним шилом, а потім зшивали сухожилками. Близько 30 тис. років тому ця група вимерла.

За останніми даними молекулярної біології неандертальці не були прямими предками сучасної людини, вони незалежно походять від пітекантропів. Порівняння мітохондріальних ДНК показало, що гілки, які ведуть від неандертальців до сучасної людини розійшлися 500-600 тис. років тому.

Перші сучасні люди. Сучасна людина, або кроманьйонець (*Homo sapiens sapiens*) – з'явилися близько 40 тис. років тому. Найвідоміші останки кісток ранніх європейців сучасних типів були знайдені в гроті Кроманьйон на півдні Франції. Вони мали зріст близько 180 см, високе чоло, слабо виступаючі щелепи, добре розвинений виступ підборіддя, що свідчить про наявність членороздільної мови. Зовні вони майже не відрізнялися від наших сучасників. Об'єм черепа кроманьйонців досягав 1600 см³.

На підставі порівняння ДНК припускають, що сучасна людина з'явилась в Африці близько 100 тис. років тому, трохи пізніше поширилась в Азії, і 30 тис. років тому розселилась на всіх континентах, за винятком Антарктиди.

Кроманьйонці виготовляли різноманітні знаряддя праці: ножі, списи, дротики, скребла. Як і їхні попередники – неандертальці, європейські кроманьйонці використовували печери як житло. У них з'являються зачатки мистецтва. Про це свідчать розписи на стінах печер, що зображують тварин або мисливські сценки. Існують знахідки кістяних статуєток людей і тварин, прикрас, музичних інструментів. Кроманьйонці приручили диких тварин і стали обробляти рослини. У їх формуванні провідну роль починають відігравати соціальні чинники. Кроманьйонці разом з сучасними людьми відносяться до одного виду – *Людина розумна*.

3. ЗРОСТАННЯ НАРОДОНАСЕЛЕННЯ. РАСИ ЛЮДИНИ.

Ще 3 млн. років тому в світі існувало лише декілька десятків тисяч гомінід, які були нашими предками. Протягом більшої частини доісторичного періоду кількість

населення зростала повільно. Близько 2 млн. років тому 1 млн. трав'яних австралопітеків існував тільки на Африканському континенті. Приблизно 500 тис. років тому *Homo erectus* населяв найрізноманітніші ландшафти Африки та значної частини Євразії. Але наскільки обмежена ділянка землі може прогодувати навіть менше збирачів-мисливців, ніж трав'яних тварин, деякі вчені вважають, що у світі на той час жило всього 1,7 млн. істот виду *Homo erectus*.

Homo sapiens 10 тис. років тому вже колонізував усі континенти та кліматичні зони, за винятком Антарктиди. І все-таки більшість людей продовжували вести кочовий спосіб життя мисливців-збирачів, нездатних регулювати свої харчові ресурси. У світі на той час налічувалося на більше 10 млн. осіб.

Кількість населення різко зросла близько 7 тис. років тому, коли обробка землеробських культур сприяла збільшенню виробництва їжі. Нові знаряддя і технології сприяли подальшому зростанню харчових ресурсів і кількості людства. До 500 р. до н.е. населення Землі перевищувало 100 млн. осіб.

Зараз на нашій перенаселеній планеті проживає понад 6 млрд. осіб.

Вид Людина розумна представлений декількома расами.

Раси – це групи людей, які відрізняються за визначеними спадковими фізичними особливостями, що склалися історично. Люди різних рас мають різний колір шкіри, волосся, розріз очей, будову повік, обриси голови і т.д. Ці відмінності неістотні, і людство в цілому є єдиним біологічним видом. Приналежність всіх рас до одного виду *Homo sapiens* доводиться однаковою будовою черепа, мозку, стопи, наявністю одних і тих же груп крові і, головне, однаковою кількістю і будовою хромосом, що дає можливість різним расам вільно схрещуватись і давати повноцінне потомство. Раси – це відкриті генетичні системи.

Виділяють три або п'ять рас. Відповідно до першої класифікації раси позначають: екваторіальна (негро-австралоїдна), євразійська (європеїдна), азіатсько-американська (монголоїдна). Згідно з другою класифікацією п'ятьма расами є: негроїдна, австралоїдна, європеїдна, монголоїдна, центральнаамериканська. У середині кожної раси виділяють підраси. Крім того, існують змішані раси, які сформувались в зонах контактів великих рас. Більшість вчених вважають, що раси почали формуватись близько 30-40 тис. років тому, в процесі розселення безпосереднього предка людини з одного регіону (з Африки) з можливим змішуванням (схрещуванням) з формами, які мешкали у різних частинах планети. Расові ознаки мали пристосувальне значення і закріплювалися природним добром. Так, у представників негроїдної раси темне забарвлення шкіри оберігало від надмірного опромінювання ультрафіолетом, тобто від розвитку ракових захворювань. Подовжені кінцівки збільшували площу тіла, з якої відбувається випаровування поту, тобто забезпечували ефективну терморегуляцію в жаркому кліматі. Вузькі очні щілини монголоїдів були захисним пристосуванням проти сильних вітрів пустель, перешкоджаючи потраплянню в очі піску, порохи чи снігу.

Питання для контролю знань

1. Назвіть біологічні особливості людини.
2. Яке місце людини в природному царстві?

3. Які рушійні сили еволюції людини ви знаєте?
4. Назвіть біологічні фактори антропогенезу.
5. Назвіть соціальні фактори антропогенезу.
6. Назвіть етапи еволюції людини.
7. Охарактеризуйте найдавніших людей.
8. Охарактеризуйте стародавніх людей.
9. Охарактеризуйте перших сучасних людей.
10. В чому проблема зростання народонаселення.
11. Охарактеризуйте раси людини.

Перелік використаних літературних джерел: [1], [2], [5], [6], [8], [12].

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біологія : довідник для абітурієнтів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник / О. А. Біда, С. І. Дерій, Л. М. Ілюха, Л. І. Прокопенко [та ін.]. – 3-тє вид., переробл. та доповн. – К. : Література ЛТД, 2013. – 672 с.
2. Бровдій В.М. Еволюційне вчення : підручник / В. М. Бровдій. – К. : ВЦ «Академія», 2013. – 336 с.
3. Грин Н. Биология: в 3-х т. Т.1.: Пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор – М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. Грин Н. Биология: в 3-х т. Т.2.: Пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор – М.: Мир, 1993. – 325 с.
5. Грин Н. Биология: в 3-х т. Т.3.: Пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор – М.: Мир, 1993. – 376 с.
6. Дербеньова А. Г. Загальна біологія: Навч. посібник / А. Г. Дербеньова, Р. В. Шаламов – Х.: Світ дитинства, 1998. – 264 с.
7. Новак В.П., Бичков Ю.П., Пилипенко М.Ю. Цитологія, гістологія, ембріологія : підручник (2-е вид., змін. і доп.) / За заг. ред. В.П. Новака – К.: Дакор, 2008. – 512 с.
8. Огінова І.О. Теорія еволюції (системний розвиток життя на Землі) : підручник / І.О. Огінова, О.Є. Пахомов. – Д. : Вид-во Дніпропет. ун-ту, 2011. – 540 с.
9. Обухова О.А. Курс лекцій з основ біології: навчальний посібник / О.А. Обухова – Суми: вид-во СумДУ, 2008. – 168 с.
10. Польський Б.Т. Основи біології: Різноманітність життя на доорганізмених рівнях: навчальний посібник / Б.М. Польський, В.М. Торяник. – Суми : Університетська книга, 2009. – 288 с.
11. Сало Т.О. Загальна біологія: Навчальний посібник. / Т. О. Сало – Х.: Гімназія; Країна мрій, 2002. – 196 с.
12. Шаламов Р.В. Біологія. Комплексний довідник. / Р. В. Шаламов, Ю. В. Дмитрієв, В. І. Подгорний. – Х.: Веста: Вид-во «Ранок», 2011. – 624 с.

