

Теорії еволюції

Геологічна історія Землі засвідчує, що в біосфері постійно відбувалося виникнення й зникнення видів — усі види мають кінцевий час існування. Вимирання компенсувалося появою нових видів, і в результаті загальна кількість видів у біосфері періодами катастрофічно зменшувалася, але потім знову зростала. За останні 500 млн р. було принаймні п'ять масових вимирань (ордовського, девонського, пермського, тріасового та крейдового періодів). Страхітливим було масове вимирання пермського періоду — найбільше вимирання в історії земної біосфери, що розділяє палеозой (пермський період) і мезозой (тріасовий період) — близько 265 млн р. тому. Вимерло приблизно 96 % усіх морських і 70 % наземних хребетних видів. Також це є єдиним масовим вимиранням комах (83 % видів).

Вимирання було швидким (тривало не більше 200 тис. р.), синхронним у морі й на суші, супроводжувалося масовими пожежами. Імовірно, його причиною став різкий викид парникових газів, що призвело до значного перегріву планети й посухи. Першими загинули тропічні ліси, за ними — інша рослинність, результатом чого стало різке посилення ерозії та загибель ґрунтів.

Кількість видів, з яких складається нинішній органічний світ, є лише незначною частиною загальної кількості видів, що виникали на нашій планеті від найдавніших часів до нашої ери. Остаточно вимерло понад 99 % усіх видів, які виникли на Землі. Як не дивно, але вимирання видів на Землі, у буквальному сенсі, є способом життя. Після вимирання одних видів виникали умови для розвитку інших. Якщо про самі факти вимирання у вчених немає заперечень, то їхні причини дотепер достеменно невідомі. Одна з причин того, чому так тяжко знайти переконливі пояснення вимирань, полягає в тому, що дуже складно знищити життя у великих масштабах. А ще важче пояснити, чому виживає решта живих істот.

Відмічено, що еволюція на нашій планеті відбувається з пришвидшенням. Для того щоб на Землі зародилося життя, знадобилося від 1 млрд р. до 1,5 млрд р., щоб виникли еукаріоти та статевий процес — ще близько 1 млрд р. На те, щоб виникли перші багатоклітинні, пішло ще близько 800 млн р. Виникнення хребетних відбулося через 600 млн р., а ссавців — через 200 млн р.

Ми всі знаємо, що в живій природі відбуваються еволюційні зміни, природний відбір, пристосування організмів до умов існування, мутації й збереження спадкових ознак. Знаємо, що між ембріонами різних груп організмів є подібності.

У XVIII ст., коли світосприйняття ще формувалося під впливом релігійних догм, практично всі вчені дотримувалися креаціоністських поглядів — усе живе на Землі створене «вищими силами». Однак їхні погляди розділялися: одні вважали, що всі живі об'єкти залишаються такими, якими їх створив «усевишній», інші — що вони змінюються, і сьогодні ми бачимо їх уже видозміненими порівняно з давнішими представниками. І першим, хто відкрито й обґрунтовано (на скільки це було можливо в тих умовах) пояснив еволюційний процес на основі природного й статевого добору, був англійський учений Чарльз Роберт Дарвін (1809–1882, Велика Британія). Чарльз Дарвін брав участь в експедиційних дослідженнях геології, фауни, флори, був спостережливим, занотовував бачене й намагався дати йому раціональне пояснення. Понад 20 р. він настирливо розвивав й обґрунтовував свою ідею про те, що вимерлі тварини й ті, що існують зараз, мають спільне походження, але останні істотно змінилися.

З 1859 по 1871 р. вийшли у світ геніальні праці Чарльза Дарвіна «Походження видів за допомогою природного добору або збереження вибраних рас у боротьбі за життя», «Зміна свійських тварин і культурних рослин», «Походження людини й статевий добір»,

які становлять єдину наукову трилогію, і в яких наведено докази історичного розвитку органічного світу, встановлено рушійні сили еволюції, визначено шляхи еволюційних перетворень, нарешті, показано, як і з яких позицій потрібно вивчати складні явища й процеси природи. Це була цілком наукова теорія. Це була перша теорія, що описувала асиметричний у часі процес. Подібні теорії у фізиці, що описують нерівноважні процеси, які потребують залучення «стріли часу», виникнуть набагато пізніше.

Основні положення теорії еволюції Чарльза Дарвіна:

1. Усі види істот, що населяють Землю, ніколи і ніким не були створені.
2. Види, які виникли у природі, поступово перетворювалися й вдосконалювалися відповідно до природних умов.
3. Основу перетворень видів у природі становлять мінливість, спадковість, природний відбір.
4. Результатом еволюції є пристосованість організмів до умов існування і різноманітність видів у природі.

З розвитком генетики, зокрема з відкриттям законів Менделя, та молекулярної біології (пригадайте, що вивчає ця наука) виникла необхідність удосконалення еволюційної теорії. На початку 40-х років XX ст. була створена синтетична теорія еволюції (СТЕ), тобто та, яка утворилася внаслідок синтезу знань з різних біологічних наук. У розробленні синтетичної теорії еволюції зробили внесок багато вчених. Зокрема, Сергій Сергійович Четвериков (1880–1959, Росія), Джон Голдейн (1892–1964, Велика Британія), Микола Володимирович Тимофеев-Ресовський (1900–1981, Росія), Феодосій Григорович Добржанський (1900–1975, Україна, США), Рональд Фішер (1890–1962, Велика Британія). Основні положення СТЕ:

1. Найменша одиниця еволюції—популяція: усі еволюційні перетворення відбуваються в популяції.
2. Матеріалом для еволюції є спадкові зміни—мутації (зазвичай генні) та їхні комбінації.
3. Основним рушійним чинником еволюції є природний відбір, що виникає на основі боротьби за існування.
4. Еволюція має поступовий і тривалий характер, може відбуватися в різні способи.
5. Еволюція — це адаптаційний процес, тобто вона базується на пристосуванні виду до умов навколишнього середовища.

Значення синтетичної теорії еволюції полягає в заміні типологічного мислення, за яким елементарною одиницею еволюції вважали особину (індивідум), на популяційне, що ґрунтується на визнанні популяції як Дарвін з'ясував, що всі істоти пов'язані між собою, а Мендель пояснив механізм того, як це могло відбуватися. Обоє цілком могли б допомогти один одному. У Менделя було німецьке видання «Походження видів», відомо, що він його читав, тож, мабуть, усвідомлював придатність своєї праці до теорії Дарвіна, проте, здається, він навіть не намагався зв'язатися з автором. Як там не було, але попри те, що працювали роздільно, Ч. Дарвін і Г. Мендель разом заклали ґрунт усіх наук про життя XX ст. елементарної одиниці еволюції. СТЕ показала неспроможність попередніх еволюційних теорій пояснити еволюційний процес дією лише одного еволюційного чинника. За цією теорією еволюція є результатом взаємодії всіх елементарних еволюційних чинників за інтегрувальної та спрямовувальної ролі природного добору. Однак не можна забувати й про недоліки, що притаманні їй, як і будь-якій іншій теорії. Її створювали на прикладах видів багатоклітинних організмів, які розмножуються статевим шляхом. Тому цілком зрозуміло, що для випадків з розглядом еволюційних процесів видів, які не мають статевого розмноження або не є багатоклітинними, можуть виникати труднощі з поясненням певних процесів.

У кінці XX ст. Михайлом Олександровичем Шишкіним (нар. 1936, Росія) на основі ідей Івана Івановича Шмальгаузена (1884–1963, Україна, Росія) та Конрада Воддінгтона (1905–1975, Велика Британія) започатковано епігенетичну теорію еволюції (ЕТЕ).

Основні положення ЕТЕ:

1. Визначальний вплив на спадковість має не геном, а епігенетична система (ЕС)— сукупність чинників, що впливають на онтогенез.
2. Від предків до нащадків передається загальна організація ЕС, яка і формує організм під час його індивідуального розвитку, причому відбір веде до стабілізації низки послідовних онтогенезів, усуваючи відхилення від норми (морфози) і формуючи стійку траєкторію розвитку (креод).

Проблеми, порушені епігенетичною теорією, дуже близькі до тих, які вивчає еволюційна біологія розвитку (ЕБР) (англ. evo-devo — evolutionary developmental biology), що швидко розвивається нині в західних країнах. Тобто, якщо порівнювати сучасні теорії еволюції, то головним чинником у СТЕ є природний відбір генетичних мутацій у ДНК, у ЕТЕ та ЕБР — механізми внутрішньої спрямованої мінливості онтогенезу за сталого генотипу особин.

Значна кількість біологів на початку XXI ст. каже про потрібність наступного синтезу знань про еволюцію у вигляді нової теорії. Предметом дискусії є механізми еволюції, постульовані певними теоріями. Зокрема, до проблемних питань теорій еволюції належать:

- 1) проблема спрямованості еволюції;
- 2) еволюційний прогрес;
- 3) роль відбору;
- 4) адекватність мінливості;
- 5) проблема монофілії й еволюції вищих таксонів;
- 6) емерджентність, утворення нового.

Окрім того, палеонтологи-еволюціоністи побачили, що різні форми життя розвивалися стрибкоподібно, а не поступово. Тобто з викопних решток видно, що нові види виникали раптово, протягом свого існування майже не змінювалися, а потім несподівано зникали.

Щоб пояснити, чому розбиті чашки ніколи знову не з'являються цілими на столі, зазвичай посилаються на те, що це суперечило б другому закону термодинаміки — закону, що описує необоротні процеси. Згідно з цим законом в будь-якій замкненій системі безлад, або ентропія, завжди зростає з часом. Іншими словами, ціла чашка на столі — це стан вищого порядку, а розбита, що лежить на підлозі, перебуває в стані безладу. Неважко простежити події від цілої чашки на столі в минулому до розбитої на підлозі, але зворотний хід подій неможливий.

Збільшення безладу (ентропії) з плином часу — це одне з визначень так званої стріли часу, що описує час як пряму, що спрямована з минулого в майбутнє. З будь-яких двох незбіжних точок стріли часу одна завжди є майбутнім щодо іншої. Можна говорити принаймні про три різні стріли часу. По-перше, стріла термодинамічна, яка вказує напрямок часу, у якому зростає безлад, або ентропія. По-друге, стріла психологічна. Цей напрямок, у якому ми відчуваємо хід часу, напрямок, за якого ми пам'ятаємо минуле, але не майбутнє. І по-третє, стріла космологічна. Це напрямок часу, у якому Всесвіт розширюється, а не стискається.

Речовина Всесвіту розвивалася в напрямку від простого до складного, з хаосу виникали все нові й нові впорядковані структури. Системи, що виникають у таких умовах, ніколи не бувають стабільними й стійкими. Вони завжди далекі від рівноваги і, руйнуючись, знову повертаються до хаосу. Але серед величезної множини подібних

новоутворень досить часто та неминуче виникали й системи з мінімальним приростом ентропії, які за певних умов зберігалися, тобто відбувався своєрідний добір лише стійких фізичних і хімічних систем, еволюція яких спрямовувалася у певний бік.

Еволюційні процеси в органічному світі супроводжуються мутаціями, адаптаціями, передаванням інформації тощо. Процеси вимирання й стрибкоподібні еволюційні процеси свідчать про те, що біосистема ніби забуває своє минуле. Вона повинна загинути або віднайти й зберегти нову структуру з новими режимами функціонування. Виникає стріла часу та різниця між минулим, сьогоденням і майбутнім. Система й відповідні процеси стають асиметричними не тільки в просторі, а й у часі. Її існування набуває нового змісту й виникає можливість говорити про розвиток. Отже, природний світ нашої планети розвивався системним шляхом згідно з основними принципами самоорганізації матерії. Створювався своєрідний часово-просторовий континуум, у якому й розгорталися відповідні процеси утворення нових структур і способів підтримки гомеостазу. Жодне з таких новоутворень не виникало незалежно від інших складників системи. Це також сприяло системним перетворенням усієї біосфери, яка еволюціонувала як єдине ціле: будь-які зміни абіотичних чи біотичних чинників спричинювали цілий комплекс перебудов відповідних екосистем та їхніх складників. Особливо енергійно це відбувалося в умовах суттєвих відхилень тих чи тих параметрів довкілля від стаціонарного стану. Тоді зміни відбувалися майже блискавично (за геологічним часом) і біосфера змінювалася радикально.

Еволюція відбувається під дією різних чинників. Так називають упливи, що спричиняють зміни популяцій, видів, організмів і мають випадковий характер.

Виокремлюють такі чинники еволюції:

- 1) мутаційний процес;
- 2) дрейф генів;
- 3) популяційні хвилі;
- 4) природний відбір;
- 5) ізоляцію;

Перші чотири з них не спрямовують еволюційний процес, а останній — природний відбір — спрямовує еволюцію на виживання лише найбільш пристосованих особин.

Мутації — це зміни генетичного матеріалу (зазвичай ДНК або РНК). Мутації можуть бути спричинені помилками копіювання генетичного матеріалу на стадії поділу клітини, опроміненням жорсткою радіацією, речовинами-мутагенами, вірусами або можуть відбуватися свідомо під клітинним контролем упродовж таких процесів як, наприклад, мейоз або гіпермутація. Мутаційна мінливість і комбінації під час схрещування дають нові поєднання генів у генофонді, що спричинює зміни в генетичній структурі популяції. Виникнення мутацій — це елементарний еволюційний чинник постійної дії. Можна сказати, що мутаційний процес є постачальником елементарного еволюційного матеріалу.

Ген — це ділянка ДНК, яка кодує функцію. Хромосома складається з довгого ланцюга ДНК і хромосомних білків. Людська хромосома має до 500 млн пар основ ДНК з тисячами генів. Алельні гени, алелі (від лат. *Allelos* — протилежний) — парні гени, що визначають альтернативні взаємовиключені стани тієї самої ознаки. Трапляються в межах однієї популяції організмів і визначають різні фенотипи цих організмів.

Фенотип — сукупність характеристик, властивих індивіду на певній стадії розвитку. Будь-яка спостережувана характеристика або риса організму: його морфологія, розвиток, біохімічні та фізіологічні властивості або поведінка. Фенотипи формуються під дією генотипу, опосередкованого низкою чинників довкілля та можливими взаємодіями між ними двома.

Хвилями життя (популяційними хвилями) називають коливання чисельності популяцій, пов'язане з невивірковим (випадковим) знищенням особин, завдяки чому змінюється співвідношення рецесивних і домінантних алелів у популяціях. Періодичні або неперіодичні коливання чисельності особин характерні для всіх популяцій. Помічено, що коливання чисельності популяції мають періодичний характер: після зростання кількості особин відбувається її зменшення. Популяційні хвилі є постачальником еволюційного матеріалу. Наслідком популяційних хвиль є зміна інтенсивності боротьби за існування, а отже — і природного відбору.

Поняття про природний відбір сформульоване Ч. Дарвіном. Під цим терміном учений розумів «збереження сприятливих індивідуальних відмінностей і змін та знищення шкідливих» або «виживання найпристосованіших». Тобто для перебігу природного відбору необхідні:

- 1) більша кількість нащадків, ніж та, що може вижити за цих умов;
- 2) передавання ознак від батьків до нащадків;
- 3) різні типи індивідів у популяції, які мають відмінності за однією чи кількома ознаками;
- 4) вища ймовірність виживання нащадків, які мають певну фенотипову ознаку;
- 5) постійні умови існування в середовищі.

У сучасній науці під природним відбором розуміють процес, у результаті якого виживають і залишають потомство особини, які мають корисні в цих умовах спадкові ознаки. Виникають вони за рахунок мінливості. Унаслідок природного відбору виживають і залишають по собі потомство особини, генотипи яких забезпечують їм найліпшу пристосованість до умов середовища.

Природний відбір ґрунтується на таких змінах генотипу, які підвищують шанси організмів на виживання. Як відомо, зміни в генотипі спричиняють мутації та комбінації генів, що виникають за статевого розмноження. Якщо зміни позитивні, тобто поліпшують виживання організмів в популяції, вони закріплюються добором (передаються в низці поколінь). Якщо ж зміни в генотипі погіршують виживання, такі організми гинуть. Розрізняють три основні форми природного добору: стабілізуювальний, рушійний (спрямований) і розривний (дизруптивний). Також виокремлюють статевий відбір — схильність особин виду здійснювати селективне спарювання за певними ознаками. Статевий відбір виступає як певна форма внутрішньовидового добору, напрям впливу якого збігається із загальною спрямованістю впливу природного відбору.

Генетичний дрейф — зміна відносної частоти, з якою певний варіант гену (алель) трапляється в популяції. Через генетичний дрейф варіації гена можуть повністю зникнути, зменшивши внаслідок цього генетичну розмаїтість. Генетичний дрейф є одним з механізмів еволюції, що спричинює зміни в частоті алелів з часом. На відміну від природного відбору, що приводить до виникнення великої кількості алелів, зміни, спричинені генетичним дрейфом не виникають під тиском навколишнього середовища та можуть бути корисними, нейтральними або шкідливими. Тому генетичний дрейф належить до нейтральних механізмів еволюції генів і популяцій. Співвідношення між впливом природного відбору й дрейфу генів у популяції змінюється залежно від сили відбору та ефективного розміру популяції (кількість особин, що здатні до розмноження). Природний відбір зазвичай відіграє більшу роль у великих популяціях, а дрейф генів переважає в малих. Переважання дрейфу генів у малих популяціях може навіть призводити до фіксації шкідливих мутацій. Як результат, зміна чисельності популяції може значно змінювати хід еволюції. Ефект «пляшкового горла», коли чисельність популяції різко знижується й у результаті втрачається генетичне різноманіття, призводить до більшої однорідності популяцій.

Суть теорії еволюції полягає в тому, що початковий матеріал визначено спадковою мінливістю, а природний відбір вибирає особин, менш пристосованих до умов існування й залишає найбільш пристосованих. Оскільки багато особин не виживає, і, відповідно, не має змоги залишити нащадків, у популяції відбувається «боротьба за існування». Ті особини, ознаки яких найліпше адаптовані до середовища існування, відтворюють більше нащадків, ніж менш пристосовані види. Тобто боротьба за існування — це явище, що розглядає взаємозаміни й адаптації, які виникають унаслідок дії чинників еволюції (це чинники навколишнього середовища, що впливають на особини популяції).

Розглядають такі форми боротьби за існування:

- 1) внутрішньовидова — відбувається між особинами одного виду за кращі умови існування;
- 2) міжвидова — відбувається між особинами різних видів;
- 3) з абіотичними чинниками — унаслідок їхньої дії гине значна кількість особин.

Завдання

1. Опишіть зміни складності організмів у процесі історичного розвитку життя на Землі.
2. Охарактеризуйте теорії еволюції органічного світу. Поясніть у чому полягає відмінність між: а) дарвінізмом і синтетичною теорією еволюції; б) між синтетичною та епігенетичною теоріями. Чи є у цих теорій спільні положення?
3. Яка роль мутацій і популяційних хвиль в еволюційному процесі?