

КОНЦЕПЦІЇ СУЧАСНОГО ПРИРОДОЗНАВСТВА. БІОЛОГІЧНА КАРТИНА СВІТУ. ЧАСТИНА 7

(курс за вибором студентів)

Лектор доц. Опанасюк Анатолій Сергійович

Метою курсу є формування у студентів світоглядних орієнтацій і установок особи, що засновані на науковому методі пізнання навколишнього світу. Формування уявлень про сучасну науково-природничу картину світу і місце людини у ній, синтез гуманітарної і природничої складових культури

БІОЛОГІЧНА КАРТИНА СВІТУ

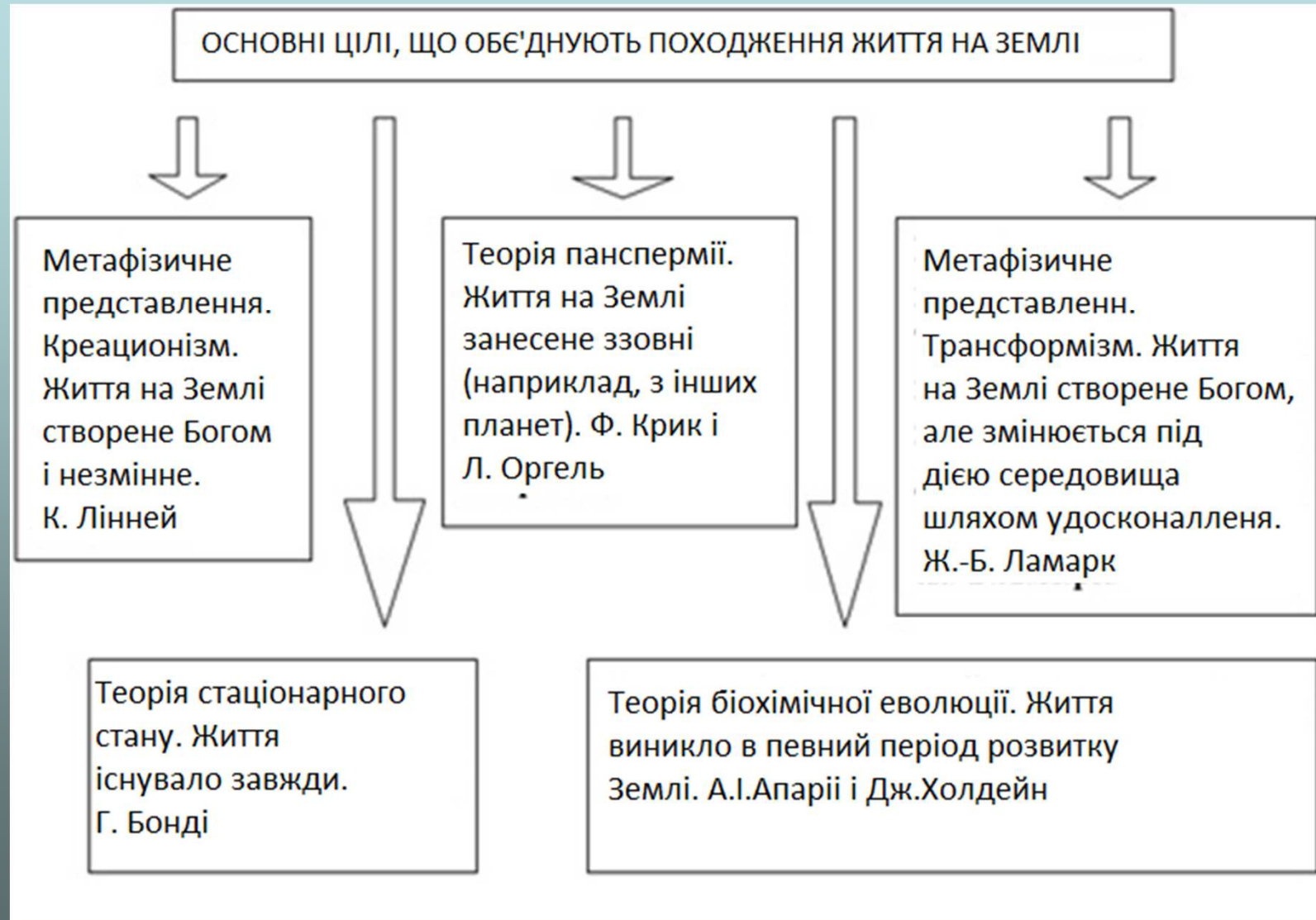
В ХХ в. динамічний розвиток біологічного пізнання привів до відкриття молекулярних основ живого. *Наука безпосередньо наблизилася до вирішення найбільшої проблеми - розкриття сутності життя.* Розв'язана найбільша загадка органічного світу і найважливіша проблема біології - пояснене явище спадковості. Зусиллями молекулярної біології розшифрований генетичний код, здійснюється синтез генів. Біотехнології революціонізують продуктивні сили суспільства, сільськогосподарське виробництво, медицину. А генна інженерія відкриває перед людством і зовсім несподівані, дивні, а часом і такі перспективи, що насторожують: клонування тварин і людини, створення генетично нових форм живого. Це визначає зростання відповідальності вчених-біологів за майбутнє нашої планети, її біосфери, за долю людства.

Радикально змінилася й сама біологія, і її місце, роль у системі наук, відношення біологічної науки й практики. *Біологія поступово стає лідером природознавства.*

ПОХОДЖЕННЯ І СУТЬ ЖИТТЯ

- Питання про походження природи й суть життя одвічно було предметом інтересу людини в її прагненні розібратися в навколишньому світі, зрозуміти саму себе й визначити своє місце в природі.
- Багатовікові дослідження й спроби вирішення цих питань породили різні концепції виникнення життя:
 - 1. Креаціонізм - створення життя Богом;*
 - 2. Концепція самодовільного зародження з неживої речовини;*
 - 3. Концепція стаціонарного стану, відповідно до якої життя існувало завжди,;*
 - 4. Концепція позаземного походження життя в результаті розвитку фізичних і хімічних процесів.*
- Концепція креаціонізму, по суті, науковою не є, оскільки вона виникла в рамках релігійного світогляду. Вона стверджує, що життя таке, яким воно є, тому що таким його створив Бог. Тим самим практично знімається питання про наукове вирішення проблеми походження і суті життя. Проте, ця концепція продовжувала й продовжує користуватися досить великою популярністю.
- Решта концепцій з'являється пізніше, але аж до XIX століття жодна з них не змогла сформувати єдину біологічну картину світу і тим самим дати прийнятне пояснення походженню життя.
- У XIX столітті в біології виникли концепції *механістичного матеріалізму і віталізму* - вершина біології того часу, між якими почалася запекла боротьба ідей про походження й суть життя.
- *Механістичний матеріалізм не визнавав якісної специфіки живих організмів і представляв життєві процеси як результат дії хімічних і фізичних процесів.* З цієї точки зору живі організми виглядали як складні машини. Але аналогія між живою істотою й машиною не пояснює саме того, що вона покликана пояснювати: причину доцільної організації живих істот. Такий підхід невірний у самій своїй основі. Адже машини не виникають самі по собі в природних умовах. Їх доцільність, пристосованість будови до виконання певної роботи не можна вивести з взаємодії закономірностей неорганічного світу. Вона є продуктом творчої діяльності людини, його цілеспрямованих творчих зусиль. Через це механіцизм і його більш пізній різновид - *редукціонізм* (що намагався звести явища життя до хімічних і фізичних процесів як своїх елементарних складових) - усякий раз безпорадно зупинялися перед проблемою походження життя.

ТЕОРІЇ ПОХОДЖЕННЯ ЖИТТЯ



ПОХОДЖЕННЯ І СУТЬ ЖИТТЯ

- Протилежною точкою зору став **віталізм** (від лат. *vitalis* - життєвий), який пояснював якісну відмінність живого від неживого наявністю в живих організмах особливої «життєвої сили», відсутньої у неживих предметах і такої, що не підкоряється фізичним законам. Таке рішення проблеми суті життя тісно пов'язане з визнанням факту творіння її Богом, розумним нематеріальним початком і т.ін.
- Не дивлячись на гострі дискусії між механіцистами і віталізмом, учені - експериментатори намагалися точно встановити, від яких саме структур залежать специфічні властивості живих організмів, і тому досліджували живі клітини і клітинні структури. Відкидаючи ідею творіння світу і життя, ці учені аж до середини ХІХ століття дотримувалися ідеї **самодовільного зародження життя з різних матеріальних утворень**, зокрема, із гниючої землі, відходів інших об'єктів. Цієї точки зору дотримувалися такі видатні учені й мислителі, як Арістотель, лікар Парацельс, ембріолог Гарвей, Коперник, Галілей, Декарт, Гете, Шеллінг та ін. Їх авторитет багато в чому визначив тривалий термін існування ідеї самозародження і її широке розповсюдження. Достатньо сказати, що ні досліди Ф. Реді (ХVІІ ст.), який довів неможливість самозародження черв'яків із гниючого м'яса за відсутності мух і проголосив знаменитий принцип «усе живе - від живого», ні навіть досліди з найдрібнішими істотами Спалланцані (ХVІІІ ст.), які довели, що в прокип'ячених органічних настоях не можуть самовільно зароджуватися мікроорганізми, майже не вплинули на пануючу в науці концепцію спонтанного самозародження.
- Лише в 60-і роки ХІХ століття в дискусії, що розвернулася між Ф.А. Пуше і Л. Пастером і зажадала експериментальних досліджень, вдалося строго науково обґрунтувати неспроможність цієї концепції. **Досліди Пастера продемонстрували, що мікроорганізми з'являються в органічних розчинах унаслідок того, що туди були раніше занесені їх зародки.** Якщо ж судину з живильним середовищем захистити від занесення в нього мікробів, то не відбудеться ніякого самозародження. **Досліди Пастера підтвердили принцип Реді і показали наукову неспроможність концепції спонтанного самозародження організмів.** Але вони й не давали відповіді на питання, звідки взялося життя.

ПОХОДЖЕННЯ І СУТЬ ЖИТТЯ

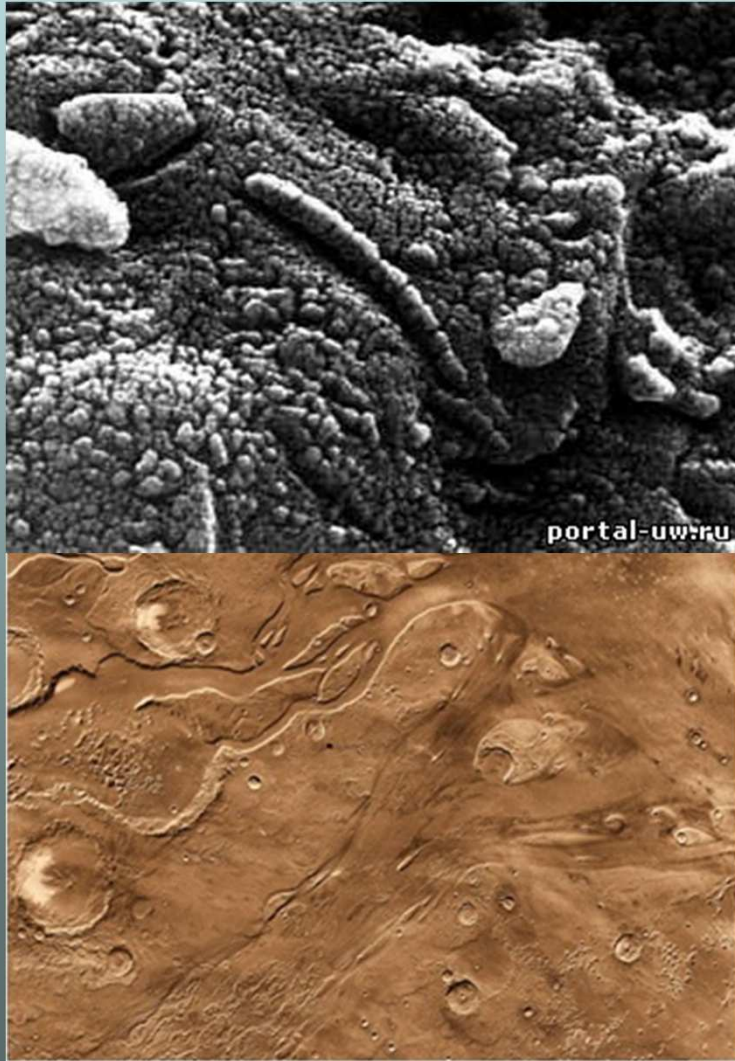
- Приблизно у цей же період часу (1865 р.) на стику космогонії і фізики німецьким ученим Г. Ріхтером розробляється *гіпотеза занесення живих істот на Землю з космосу - так звана концепція панспермії*.
- *Згідно з цією ідеєю, зародки простих організмів могли потрапити в земні умови разом з метеоритами і космічним пилом і покласти початок еволюції живого, яка, у свою чергу, породила все різноманіття земного життя.*

Концепцію панспермії розділяли такі видатні учені, як С. Ареніус, М. Гельмгольц, В.І. Вернадський, що сприяло її широкому розповсюдженню серед учених.

У 1908 р. шведський хімік Сванте Ареніус підтримав гіпотезу походження життя з космосу. Він висловив думку, що життя на Землі почалося тоді, коли на нашу планету з космосу потрапили зародки життя. «Частинки життя», що переносились в безкрайніх просторах космосу тиском світла від зірок, осідали то тут, то там, запліднюючи ту або іншу планету.

- Проте, поки-що і ця гіпотеза повного наукового обґрунтування не одержала. Хоча спектр можливих умов для існування живих організмів достатньо широкий, все ж таки вважається, що вони повинні загинути в космосі під дією ультрафіолетових і космічних променів. До того *ж ця гіпотеза не вирішує проблеми походження життя, а лише виносить її за межі Землі* - якщо життя було занесене на Землю з космосу, то де і як воно виникло? Є варіант цієї гіпотези, що затверджує *вічність життя у Всесвіті*. Вважається, що після Великого вибуху, в результаті якого утворився наш Всесвіт, у процесі появи речовини на ранніх етапах еволюції Всесвіту відбулося розділення цієї речовини на живе і неживе, і життя існує стільки ж часу, скільки і весь космос.

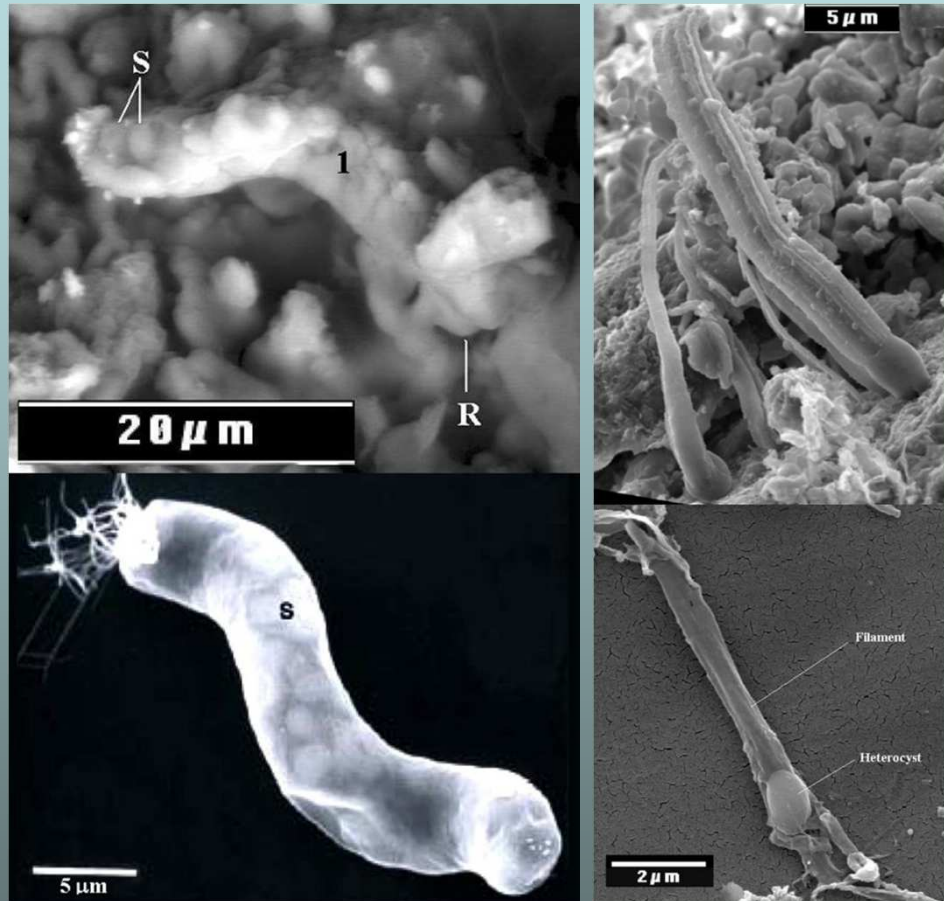
МЕТЕОРИТ АЛЛЕНА ХИЛЛСА (ALH84001)



В. Гамільтон і її колеги з Гавайського університету знайшли місце на Марсі, звідки в космос потрапив метеорит - **ALH84001**. Цей камінь масою 1,93 кілограма був вибитий з поверхні Марса приблизно 17 мільйонів років тому в результаті удару астероїда. 13 тисяч років тому він потрапив в поле тяжіння Землі і впав в Антарктиді, де його виявили близько 10 років тому. Знаменитий цей метеорит тим, що в його зрізах вчені виявили скам'янілості, сильно нагадують скам'янілості бактерій і одноклітинних водоростей. До єдиної думки на цей рахунок науковий світ за багато років так і не прийшов. Гамільтон скористалася даними спектрометрів і інших інструментів супутників Mars Global Surveyor і Mars Odyssey, щоб ідентифікувати на Марсі місцевість, звідки був вибитий даний метеорит. З'ясувалося, що це каньйон Eos Chasma, в якому, серед інших, існує 20-кілометровий ударний кратер. Зараз відомо 110 метеоритів, що мають марсіанське походження

METEORITI

ALAIS, IVUNA И ORGUEIL



Вгорі: скам'янілість з метеорита Ivuna, а - внизу для порівняння - бактерія *Titanospirillum velox*. S - сірчані глобули (фотографії Richard Hoover, Riccardo Guerrero)
б - Orgueil (вверху) і ціанобактерій *Calothrix* (внизу)

На початку березня 2011 року астробіолог Річард Гувер (Richard Hoover) з космічного центру Маршалла (Marshall Space Flight Center) опублікував у відкритому доступі статтю в *Journal of Cosmology*. У ній він навів докладні дані про аналіз зразків, взятих від метеоритів *Alais, Ivuna i Orgueil* (усі - вуглецеві хондрити групи CI1). Висновок був зроблений вражаючий - *в них видно останки мікробів-прибульців*.

Шість років тому Гувер відкрив бактерії, заморожені у вічній мерзлоті на Алясці. Він говорив тоді, що подібна знахідка дозволяє сподіватися на збереження позаземних бактерій, наприклад, в льодах Марса. Тепер же виходить, що сліди мікробної життя ми можемо виявити не тільки на Червоній планеті, але і на Енцеладі, і на Європі, а то й на Церері.

МЕТЕОРИТИ НОСІЇ ЖИТТЯ?

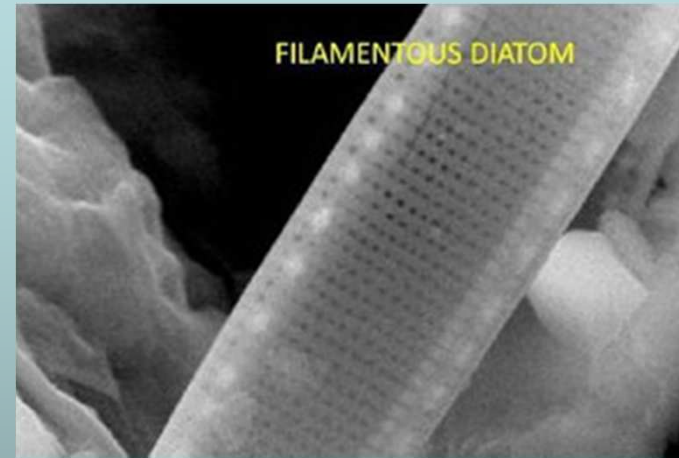


© Wales News Service



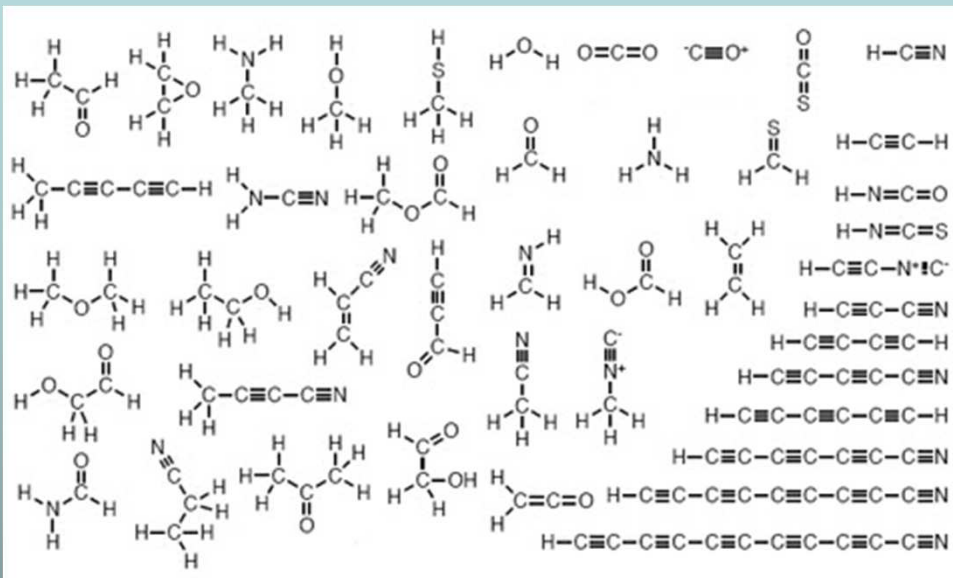
30µm

© Wales News Service



•Британський вчений Чандра Вікрасингх стверджує, що знайшов доказ існування інопланетних мікроорганізмів. Він вивчав шматок каменя, який впав на Землю під час метеоритного дощу і стверджує, що знайшов в ньому скам'янілості мікроскопічних водоростей. За словами Чандри Вікрасингх, *ці водорості схожі на мікроорганізми, які були знайдені у викопних залишках динозаврів віком 55 мільйонів років.* За попередніми оцінками вчених, досліджений шматок скелі, знайдений в грудні 2012 року на острові Шрі-Ланка, раніше був частиною комети. Камінь виглядає дуже незвично, і має пористу структуру, з меншою щільністю, ніж ті, які зустрічаються на Землі.

ОРГАНІКА У КОСМОСІ



Деякі органічні молекули, що знайдені астрономами в міжзірковому середовищі

Нові спостереження обраних областей нашої Галактики показали, що **вміст води вище, ніж очікували**. Виявилося, що в холодних хмарах так само багато води (пари + лід), як і в областях активного зореутворення. А найголовніший результат полягає в тому, що **після молекулярного водню та окису вуглецю, вода - найпоширеніша молекула**. Наприклад, в одному з холодних хмар з масою в тисячу мас Сонця, кількість води (пари + лід) еквівалентно сотні мас Юпітера. Вчені також виявили, що в холодних хмарах 99 відсотків води являє собою лід, сконденсованих на холодних поршинках, і лише 1 відсоток - в газовій формі.

ОРГАНІКА У КОСМОСІ



•Фахівці з астробіологічної лабораторії центру Годдарда (Astrobiology Analytical Laboratory) вивчили 13 метеоритів - вуглистих хондритів і уреїлітов - знайдених в Антарктиді. У каменях виявилися амінокислоти в концентрації від 300 до 3200 частин за мільярд. На користь їх позаземного походження свідчать такі деталі: речовини були не пов'язані в білкові або полімерні ланцюги, як, швидше за все, сталося б при забрудненні каменів природними речовинами; в цих амінокислотах спостерігався лише невеликий відсоток протеїногенних; в зразках льоду, взятих в місцях знахідок, амінокислоти виявлені лише в слідових кількостях. Але не амінокислоти самі по собі здивували дослідників. Адже такі речовини вчені вже виявляли в метеоритах, причому концентрації бували і вищі.

У новому дослідженні особливий інтерес викликав інший факт. Аналіз мінералів показав, що дані метеорити в минулому сильно нагрівалися, деякі - більш ніж до тисячі градусів за Цельсієм. Це означає, що батьківські тіла цих метеоритів - астероїди - розжарювалися або при взаємних зіткненнях, або за рахунок розпаду радіоактивних елементів. А в таких умовах важко очікувати появи амінокислот. Фахівці NASA проаналізували особливості ланцюжків, їх ізотопний склад та інші параметри і прийшли до висновку, що *спостерігають результат процесу Фішера - Тропша, що використовується в промисловості для створення штучних вуглеводнів, одержання мастильних матеріалів і синтетичного бензину*. На астероїдах умови для такого процесу могли сформуватися в кам'яних породах, що містять потрібну суміш газів і мають ряд мінералів що виступають у ролі каталізаторів. Цікаво, що для проведення даних реакцій не потрібна рідка вода - достатньо водню, монооксиду вуглецю та азоту. Виходить, що *деякі пребіотичні компоненти життя могли виникнути в Сонячній системі дуже рано, ще до появи великих небесних тіл з рідкою водою*. Вони могли народитися навіть на пилових частинках протопланетної туманності. І аналогічні процеси цілком могли йти в інших планетних системах.

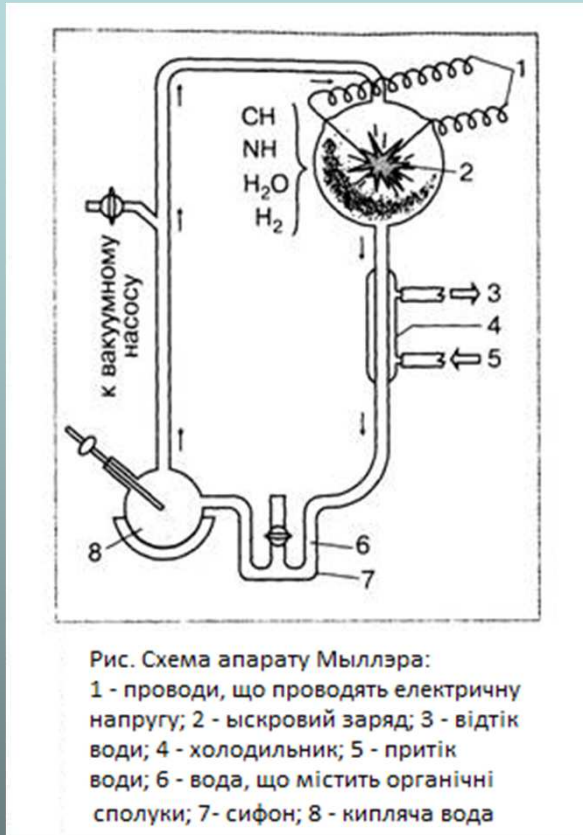
ПОХОДЖЕННЯ І СУТЬ ЖИТТЯ

- Разом із гіпотезою панспермії в сучасній науковій літературі зберігається також гіпотеза про *випадковий характер виникнення на Землі первинної живої молекули, яка з'явилася лише раз за весь час існування нашої планети*. Через цю обставину експериментальну перевірку даної гіпотези провести неможливо. Ця гіпотеза набула широкого поширення серед генетиків у зв'язку з відкриттям ролі ДНК у явищах спадковості. Г. Меллер у 1929 р. розвивав думку, що чисто випадково на Землі виникла одинична «жива генна молекула», що володіла внутрішньомолекулярною життєвизначальною будовою, яку вона пронесла незмінною через увесь розвиток земного життя. Довгий час моделлю такої «живої молекули» вважали частинку нуклеопротеїду вірусу тютюнової мозаїки, але зараз стало очевидним, що віруси не можна розглядати як проміжний етап на шляху виникнення життя: спершу повинно було виникнути життя, а потім вірус. Проте ідея випадкового виникнення ДНК дотепер широко поширена в науковій літературі, хоча вірогідність такої події дуже мала.
- Таким чином, впродовж століть змінювалися погляди на цю проблему, але наука все ще далека від її вирішення. Сьогодні продовжуються суперечки про суть життя: *чи є вона просто надзвичайно впорядкованим станом звичайних атомів і молекул, з яких складається «жива речовина», чи існують поки не відкриті елементарні «частинки життя», що переводять звичайні хімічні й фізичні речовини в живий стан*. Вагомих доказів і аргументів на користь справедливості тієї чи іншої точки зору немає.
- Очевидно, більш продуктивно розглядати *життя як особливу форму руху матерії, що закономірно виникла на певному етапі її розвитку*. Зрозуміло, виникнення життя містило елемент випадковості, але воно було не абсолютно випадковим, а в основі своїй закономірним, необхідним. Раніше ми вже говорили про процеси самоорганізації матерії. Мабуть, поява життя відбулася в ході цього процесу, коли хімічна еволюція після однієї з точок біфуркації привела до появи живого організму й початку біологічної еволюції. Тому сьогодні найбільш перспективним напрямком для природознавства є дослідження виникнення життя з неживої матерії на нашій планеті в ході процесів самоорганізації.

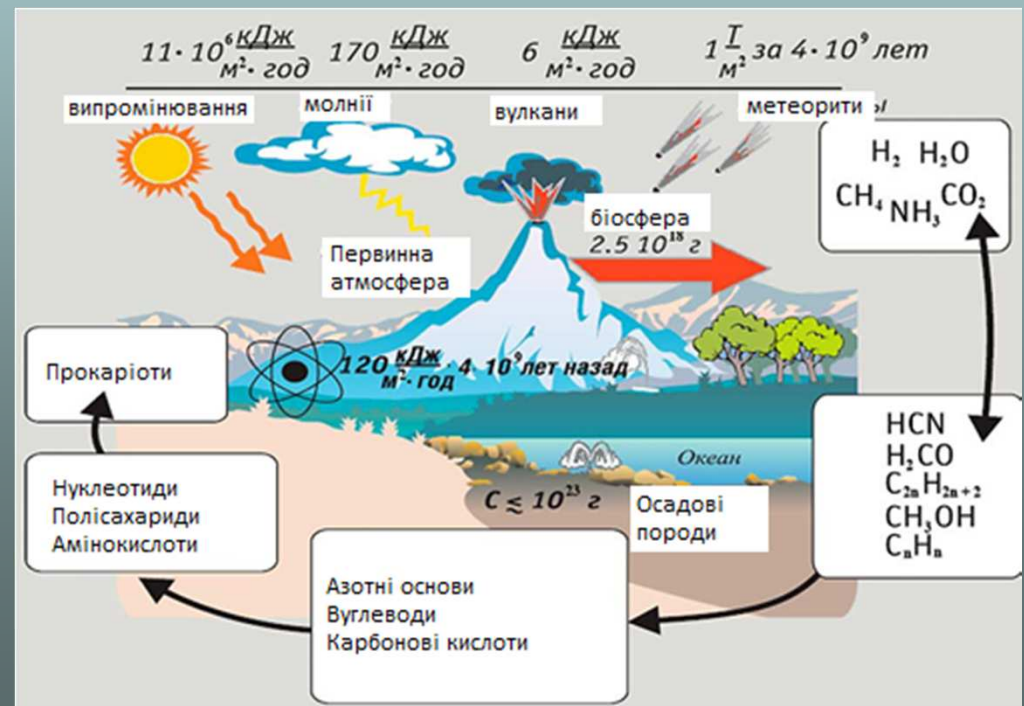
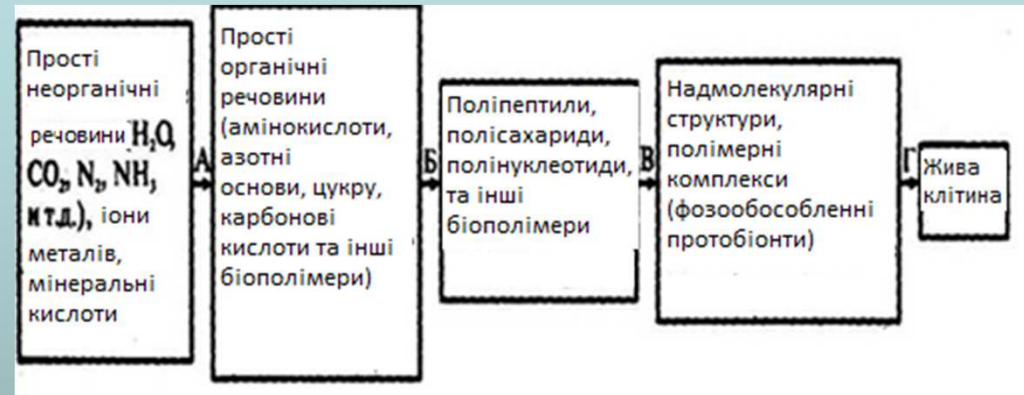
КОНЦЕПЦІЯ ОПАРІНА-ХОЛДЕЙНА

- Однією з головних перешкод, які стояли на початку минулого століття на шляху вирішення проблеми виникнення життя, було засноване на повсякденному досвіді переконання в тому, що органічні речовини в природних умовах виникають тільки біогенно (тобто шляхом їх синтезу живими істотами), яке панувало тоді в науці. Вважалося, що уявити собі природне виникнення навіть простих організмів із неорганічних речовин (вуглекислоти, води, азоту і т.д.) абсолютно неможливо. Тому велике значення мала поява концепції А.І. Опаріна, яка вступила в суперечність із загальноприйнятою тоді думкою. Він виступив із твердженням, що *монополія біотичного синтезу органічних речовин характерна лише для сучасної епохи існування нашої планети. На початку ж свого існування, коли Земля була безжиттєвою, на ній здійснювалися абіотичні синтези вуглецевих сполук і їх подальша предбіологічна еволюція.* Здійснювалося поступове ускладнення цих сполук, формування з них індивідуальних фазовідокремлених систем, перетворення їх на протобіонти, а потім і на первинні живі істоти.
- Книга Опаріна «*Походження життя*» була опублікована ще в 1924 р., хоча пік досліджень опарінської школи приходиться на 50 - 60-і роки. Появу життя він почав розглядати як єдиний природний процес, який складався з первинної хімічної еволюції в умовах ранньої Землі, що перейшла поступово на якісно новий рівень - біохімічну еволюцію. На його думку, цей процес із самого початку був нерозривно пов'язаний з геологічною еволюцією Землі. Тому Опарін припустив і експериментально довів, що під дією електричних розрядів, теплової енергії, ультрафіолетових променів на газові суміші, що містять пари води, аміаку, ціану, метану й ін., з'явилися амінокислоти, нуклеотиди та їх полімери, які в міру збільшення концентрації органічних речовин у «первинному бульйоні» гідросфери Землі сприяли виникненню колоїдних систем, так званих коацерватних крапель.

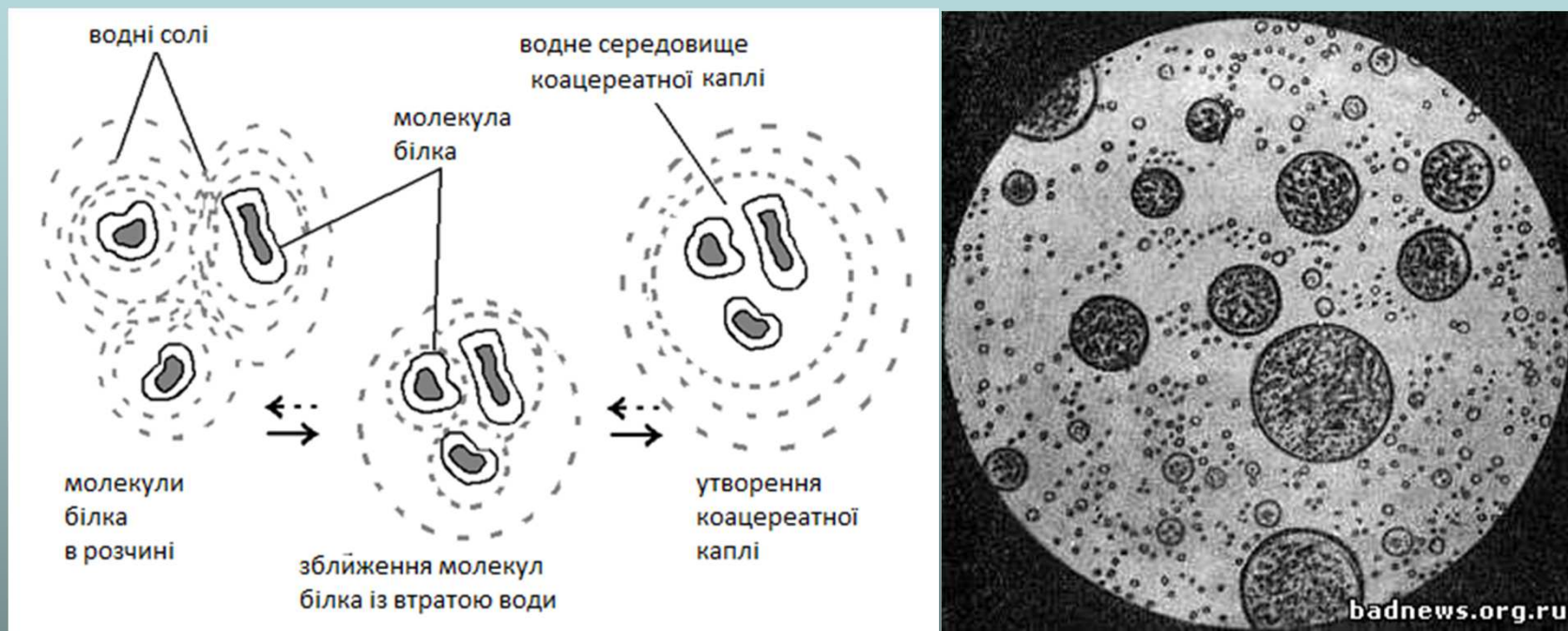
КОНЦЕПЦІЯ А.І.ОПАРІНА



Досліди Мілера. Отримано 23 амінокислоти і 4 аміни.



УТВОРЕННЯ КОАЦЕРВАТІВ



Рисунки ілюструють процес росту та ділення коацерватних крапель

КОНЦЕПЦІЯ А.І.ОПАРІНА

- Згідно з гіпотезою Опаріна, *виникнення й розвиток хімічної еволюції відбулися в ході утворення і накопичення в первинних водоймах початкових органічних молекул.* Увесь подальший процес йому уявлявся таким чином. Органічні речовини зіштовхувалися в порівняно неглибоких місцях первинних водойм, що прогриваються Сонцем. Сонячне випромінювання доносило у той час до поверхні Землі ультрафіолетові промені, які у наш час стримуються озоновим шаром атмосфери. У свою чергу ультрафіолетові промені забезпечували енергією протікання хімічних реакцій між органічними сполуками. Таким чином, у деяких зонах первинних водойм протікали випадкові хімічні реакції. Значна їх частина швидко завершилася через нестачу початкової сировини. Але в хаосі хімічних реакцій довільно виникали і закріплювалися реакції циклічних типів, які мали здатність до *самопідтримання*. Результатом цих реакцій і стали *коацервати - цілісні системи, що просторово відокремилися*. Істотною їх особливістю була здатність поглинати із зовнішнього середовища різні органічні речовини, що забезпечувало можливість первинного обміну речовин із середовищем. А вже функціонуючий «природний відбір» сприяв «виживанню» найбільш стійких коацерватних систем. Іншими словами, первинна клітинна структура, описана Опаріном, була відкритою хімічною мікроструктурою і вже була наділена здібністю до первинного метаболізму (обміну речовин), хоча ще не мала системи для передачі генетичної інформації на основі функціонування нуклеїнових кислот.
- У ході «природного відбору», що розвивався, виникли найважливіші властивості життя, що відрізняють її від попереднього етапу розвитку. Виниклі цілісні багатомолекулярні системи, фазово відокремлені від навколишнього середовища певною межею поділу, які зберігають із нею взаємодію по типу відкритих систем. Тільки такі системи, що черпають із зовнішнього середовища речовини і енергію, можуть протистояти наростанню ентропії і навіть сприяти її зменшенню в процесі свого зростання й розвитку, що є характерною ознакою всіх живих істот.

КОНЦЕПЦІЯ А.І.ОПАРІНА

- Природний відбір зберігав ті цілісні системи, в яких більш здійсненою була функція обміну речовин, що сприяла швидкому росту системи і її динамічній стійкості в даних умовах існування, цим і пояснюється доцільність будови живих об'єктів, тобто пристосованість внутрішньомолекулярної й надмолекулярної будови частин до виконуваних ними функцій і пристосованість організму в цілому до існування в даних умовах зовнішнього середовища. Системи, які виживали в ході природного відбору, мали специфічну будову білково- і нуклеоподібних полімерів, які і зумовили появу третьої якості живого – спадковості - специфічної для живого форми передачі інформації. Органічна хімія знає приклади реакцій такого типу. Їх відбір і виживання слід розглядати як можливий якісний стрибок, що створив передумови для переходу від хімічної до біологічної еволюції. Разом з відбором і вдосконаленням циклічних комплексів відбувався відбір і вдосконалення органічних молекул, що беруть участь у цих реакціях.
- Популярність концепції Опаріна в науковому світі дуже велика. Але у цієї концепції є як сильні, так і слабкі сторони. **Сильною стороною концепції** є її достатньо точна відповідність теорії хімічної еволюції, згідно з якою у процесі добіологічної (абіогенної) еволюції матерії зародження життя - закономірний результат. Переконалим аргументом на користь цієї концепції є також можливість експериментальної перевірки її основних положень. Це стосується не тільки лабораторного відтворення передбачуваних фізико-хімічних умов первісної Землі, але і коацерватів, які імітують доклітинних предків життя і їх функціональні здібності. **Слабкою стороною концепції** А.І. Опаріна є допускання можливості самовідтворення коацерватних структур за відсутності молекулярних систем із функціями генетичного коду. Існування цих систем пояснювалося наявністю у них властивостей відкритих мікросистем, які виживають за рахунок залучення в них ферментів, що знаходяться в готовому вигляді в навколишньому середовищі. А це означає, що в рамках концепції Опаріна не вдається вирішити головну проблему - про рушійні сили саморозвитку хімічних систем і переходу від хімічної еволюції до біологічної, розкрити причину таємничого стрибка від неживої матерії до живої. Можливо, ця проблема буде вирішена в концепції відкритих каталітичних систем Руденко, про яку йшлося вище.

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ І СУТІ ЖИТТЯ

- Учені-біологи, які займаються в наш час вирішенням питання про походженні життя, найскладнішою вважають характеристику структурних і функціональних особливостей протобіологічної системи, тобто доклітинного предка. Складність вирішення цього питання пояснюється добре відомим фактом: **для саморепродукції нуклеїнових кислот - основи генетичного коду - необхідні ферментні білки, а для синтезу білків нуклеїнові кислоти.** Тому предметом дискусії відвіку служили два взаємозв'язані питання.
- Перше: *що було первинним – білки або нуклеїнові кислоти?*
- Друге: *якщо визнати, що обидва ці класи біополімерів виникли не одночасно, а послідовно, то на якому етапі і як відбулося їх об'єднання в єдину систему, здатну до функцій передачі генетичної інформації і регуляції біосинтезу білків?*
- Розглядаючи відповіді на питання про первинність білків чи нуклеїнових кислот, усі існуючі гіпотези й концепції можна розділити на дві великі групи - **голобіозу і генобіозу.**
- Розглянута нами концепція Опаріна відноситься до групи **голобіозу - методологічного підходу, заснованого на ідеї первинності структур типу клітинної, наділеної здібністю до елементарного обміну речовин за участю ферментного механізму.** Поява нуклеїнових кислот у ній вважається завершенням еволюції, підсумком конкуренції протобіонтів. Цю точку зору можна ще назвати субстратною.
- Прихильники генобіозу виходять із переконання **первинності молекулярної системи з властивостями первинного генетичного коду.** Цю групу гіпотез і концепцій можна також назвати інформаційною. Прикладом цієї точки зору може служити концепція Дж. Холдейна, згідно з якою первинною була не структура, здатна до обміну речовин із навколишнім середовищем, а макромолекулярна система, подібна гену і здатна до саморепродукції, а тому названа ним «голим геном».

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ І СУТІ ЖИТТЯ

- Аж до 80-х років мало місце чітко виражене протистояння гіпотез **голобіозу й генобіозу**. Воно набуло форму дискусії при обговоренні питання, що старше - голий ген або білковий протобіонт, або в іншій термінології - генетична репродукція або метаболізм. У нових категоріях ця дискусія стала відомою в 80-і роки як протистояння двох концепцій, які кожна по-своєму трактували характер доклітинного предка - інформаційної (генетичної) і субстратної (обмінно-метаболічної).
- Дуже привабливою гіпотезою, що належить до напряму голобіозу, була концепція англійського біохіміка П. Деккера. Згідно з нею, **структурною основою предка біоїда були життєподібні нерівноважні дисипативні системи, тобто відкриті мікросистеми з могутнім ферментативним апаратом**. Це означає, що він був схильний до дарвінівської еволюції завдяки переходам (мутаціям) з однієї стадії (вигляду) до іншої, стійкішої, що набувала все нових біт (одиниці вимірювання) інформації.
- Прикладів подібного роду моделей, побудованих на ідеях гіпотези голобіозу, можна було б приводити досить багато. Об'єднують їх два головні моменти. Перший - визнання первинності білкової субстанції, здатної до автокаталізу, близького до ферментативного. І другий - відсутність навіть згадки про наявність в протейноїдних структурах молекулярних систем із функціями генетичного коду: **поява генетичного механізму матричного типу на основі макромолекул нуклеїнових кислот вважається вторинною подією в еволюції протейноїдних структур**.
- Потрібно відзначити, що ця гіпотеза не мала загального визнання. Деякі дослідники, усвідомлюючи слабкість її саме в питанні генетичного контролю над реакціями обміну речовин доклітинного предка, стали прихильниками якогось проміжного варіанту між голобіозом і генобіозом. Їх об'єднує загальна ідея: **білкові і нуклеїнові молекули з'явилися одночасно, об'єдналися в єдину систему в межах структури доклітинного предка й піддалися коеволюції, тобто одночасній і взаємозв'язаній еволюції**.
- Проте і цей компромісний варіант не одержав загального визнання. Головний аргумент проти нього - білкові і нуклеїнові макромолекули структурно й функціонально дуже різні, вони не могли з'явитися одночасно в ході хімічної еволюції, у зв'язку з чим нереально їх співіснування в протобіологічній системі.
- Ослаблюючи позиції гіпотези голобіозу, ці міркування підсилювали одночасно позиції протилежної гіпотези - генобіозу, яка затверджувала первинність макромолекулярної системи з функціями генетичного коду.

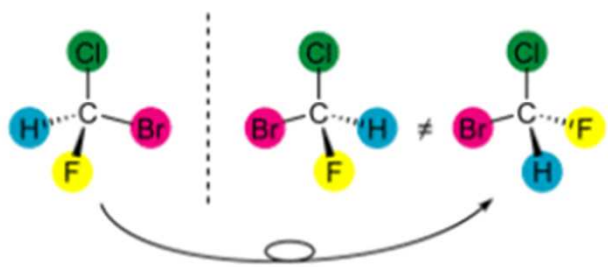
СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ І СУТІ ЖИТТЯ

- Позиції гіпотези генобіозу стали помітно зміцнюватися в 1970-і роки, а до 1980-х років, коли недоліки гіпотези голобіозу стали очевидними, вона виявилася домінуючою в уявленнях про доклітинного предка.
- Крім того, з ідеєю генобіозу виявився також тісно пов'язаним самостійний сьогодні напрям у природознавстві, який займається вивченням ще однієї фундаментальної властивості живої матерії (на додаток до трьох вищеперелічених) - її здібності до стереоспецифічної комплементарної репродукції. Цей напрям був закладений ще в ранніх працях засновника наукової мікробіології Л. Пастера.
- Річ у тому, що до того, як у 1860-і рр. Пастер остаточно довів відсутність самозародження сучасних нам мікроорганізмів, предметом його наукових інтересів у 40-50-і роки XIX століття було явище, виявлене ним у ході досліджень будови кристалів речовин біологічного походження. Йдеться про відкриття асиметричної (асиметрія - відсутність у об'єкта властивості бути дзеркально симетричним), а в його термінології - дисиметричної будови кристалів солей виноградної кислоти, що мають біологічне походження. Цього висновку Пастер дійшов, виявивши здатність відхиляти поляризований промінь, тобто оптичну активність, не тільки у самих кристалів, але й у їх водних розчинів, що свідчило про молекулярну природу цього явища. У розчинів із речовин небіологічного походження ця властивість відсутня, будова їх молекул симетрична.
- Сьогодні ця ідея Пастера підтвердилася, і визнається доведеним, що молекулярна дісиметрія (асиметрія, стереоізомерія), а згідно сучасної термінології, молекулярна **хіральність** (від грецького - рука), властива тільки живій матерії і є її невід'ємною властивістю. А якщо це так, то виникає питання, як виникло це явище. Чи не слід шукати в його походженні й витоки самого життя?
- Уже сам Пастер задавався цим питанням. І відповідь його була достатньо визначеною. Так, перетворення молекулярно-симетричних речовин неживої природи в молекулярно-дисиметричні живої нерозривно пов'язано з походженням живої матерії. А це означає, що **необхідно з'ясувати, як нежива молекулярна симетрія перетворюється на живу молекулярну дісиметрію**. На думку Пастера, це могло відбуватися поступово, у міру дії на неживу відсталу матерію особливих дісиметричних сил, які зумовили дісиметризацію молекул цієї матерії. Згідно Пастеру, сили ці носили космічний характер, бо життя, таке, яким воно нам відоме, є функцією дісиметрії Всесвіту. Такими дісиметричними силами могли бути могутні електричні розряди, геомагнітні коливання, обертання Землі навколо Сонця, поява Місяця і т.ін. Правда, експерименти в лабораторії по моделюванню таких умов успіху не мали. Проте Пастер непохитно вірив у свою правоту.

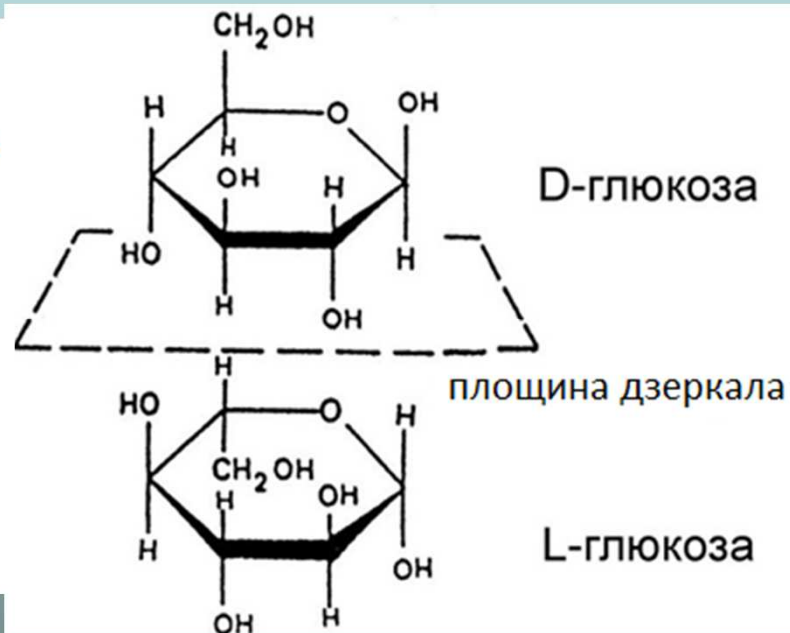
ХІРАЛЬНІСТЬ

Хіральність

Хіральність - властивість молекули бути несумісною з своїм дзеркальним відображенням будь-якою комбінацією обертань та переміщення в тривимірному просторі.



Бромхлорфторметан як приклад хіральної молекули



- **Хіральність** (киральність) (англ. chirality, від др.-греч χεῖρ -. Рука) - відсутність симетрії щодо правої і лівої сторони. Наприклад, якщо відображення об'єкта в ідеальному плоскому дзеркалі відрізняється від самого об'єкта, то об'єкту властива хіральність.

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ І СУТІ ЖИТТЯ

- Підставою для віднесення поглядів Пастера саме до гіпотези генобіозу служить той факт, що проблему зародження живого й неживого Пастер розглядав на молекулярному рівні, хоч і не піднімав питання про самовідтворення тієї дисиметричної молекулярної системи, утворення якої було, за його переконанням, першим і необхідним етапом до зародження життя. Можна тому говорити про те, що Пастер першим вивів вивчення проблеми походження живого на молекулярний рівень, і в цьому його історична заслуга перед наукою.
- Ці ідеї одержали сьогодні широкий розвиток у природознавстві, причому не стільки в біології, скільки в хімії й фізиці. Сьогодні вважається, що якщо молекулярна хіральність початкова і фундаментальна ознака живої матерії, то здатність відроджувати хірально чисті молекулярні блоки зародилася так само рано, як і здібність до генетично детермінованої саморепродукції. Іншими словами, одночасно з генетичним виник і стереохімічний код. Його функцією стало кодування побудови хірально чистих мономерів, наявність яких необхідна для комплементарної взаємодії молекул субстрату і ферментів при біохімічних реакціях.
- Але чим же є ці мономери, тобто які за своєю хімічною природою ті хірально чисті молекулярні «блоки», які й склали основу для зародження живого? Потрібно відзначити, що хіральність може бути двох типів - лівою (**L-конфігурація**), такою, яка відхиляє промінь світла вліво, що характерне для білкових молекул; і правою (**D-конфігурація**), такою, яка відхиляє промінь світла вправо, що характерне для молекул нуклеїнових кислот ДНК і РНК.
- Загальне визнання в рамках гіпотези генобіозу одержала ідея, згідно якої такими блоками були макромолекули **ДНК або РНК**. Але яка з цих інформаційних молекул з'явилася першою і змогла зіграти роль матриці для первинної комплементарної полімеризації?
- Це питання, що неминуче виникає, відразу ж вступило в суперечність із центральним положенням молекулярної генетики: генетична інформація йде в напрямі від ДНК до РНК і білка. Крім того, стояло питання, як могла функціонувати протобіологічна полінуклеотидна система за відсутності ферментів, тобто білків, якщо допустити, що поява останніх була вторинною?

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ І СУТІ ЖИТТЯ

- Відповідь на ці питання була одержана тільки наприкінці 1980-х років. Вона свідчила, що **первинною була молекула не ДНК, а РНК.**
- Визнання цього факту пов'язане з наявністю у РНК унікальних властивостей. **Виявилось, що вона наділена такою ж генетичною пам'яттю, як і ДНК.** Далі була встановлена справді унікальна всюдисущість РНК: немає організмів, в яких відсутня була б РНК, але є безліч вірусів, геном яких складає РНК, а не ДНК. Крім того, виявилось, що всупереч сталій генетичній догмі можливе перенесення генетичної інформації від РНК до ДНК за участі ферменту, відкритого на початку 1970-х років.
- На початку 1980-х років **була встановлена здатність РНК до саморепродукції за відсутності білкових ферментів, тобто відкрита її автокаталітична функція.** Це вирішувало раніше, здавалося, нерозв'язну проблему об'єднання двох функцій - каталітичної (що раніше вважалася властивою тільки білкам) і інформаційно-генетичної, необхідних для саморепродукції макромолекулярної системи.
- У результаті сформувався чітке уявлення, що стародавня РНК і вміщала в собі риси фенотипу і генотипу, тобто відповідала вимогам дарвінівської системи, будучи схильною як до генетичних перетворень, так і природного відбору. **Сьогодні вже очевидно, що процес еволюції йшов від РНК до білка, потім до утворення молекули ДНК, у якій С-Н зв'язки міцніші, ніж С-ОН зв'язки РНК.**
- Очевидно, що виникнення хіральності, а також первинних молекул РНК не могло відбутися в ході плавного еволюційного розвитку. Судячи з усього, мав місце стрибок із усіма характерними рисами самоорганізації речовини, про особливості якої вже говорилося вище.

ГІПОТЕЗА РНК СВІТУ

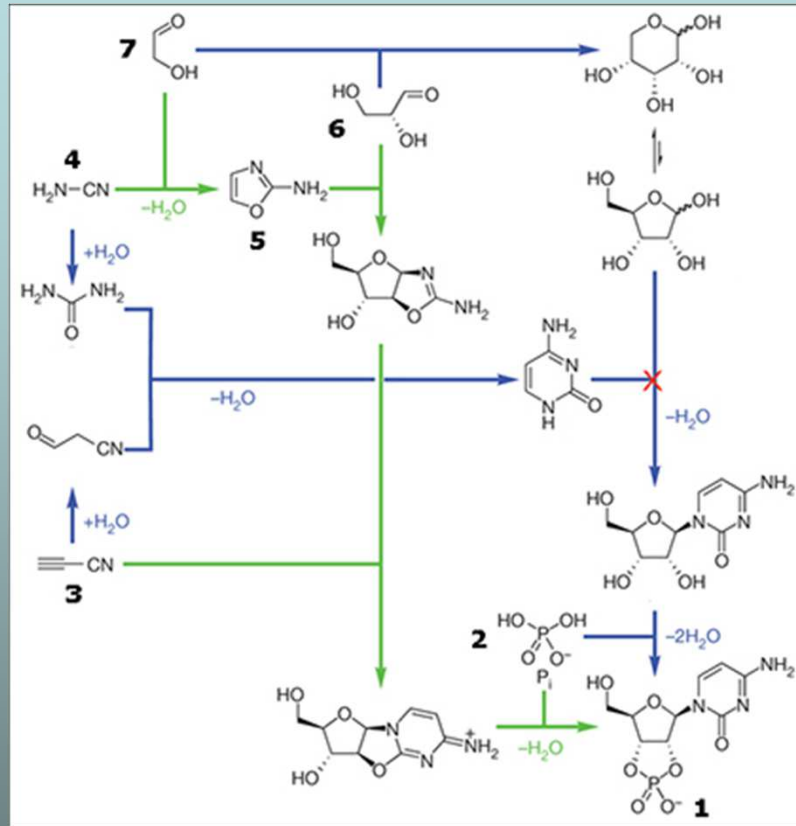
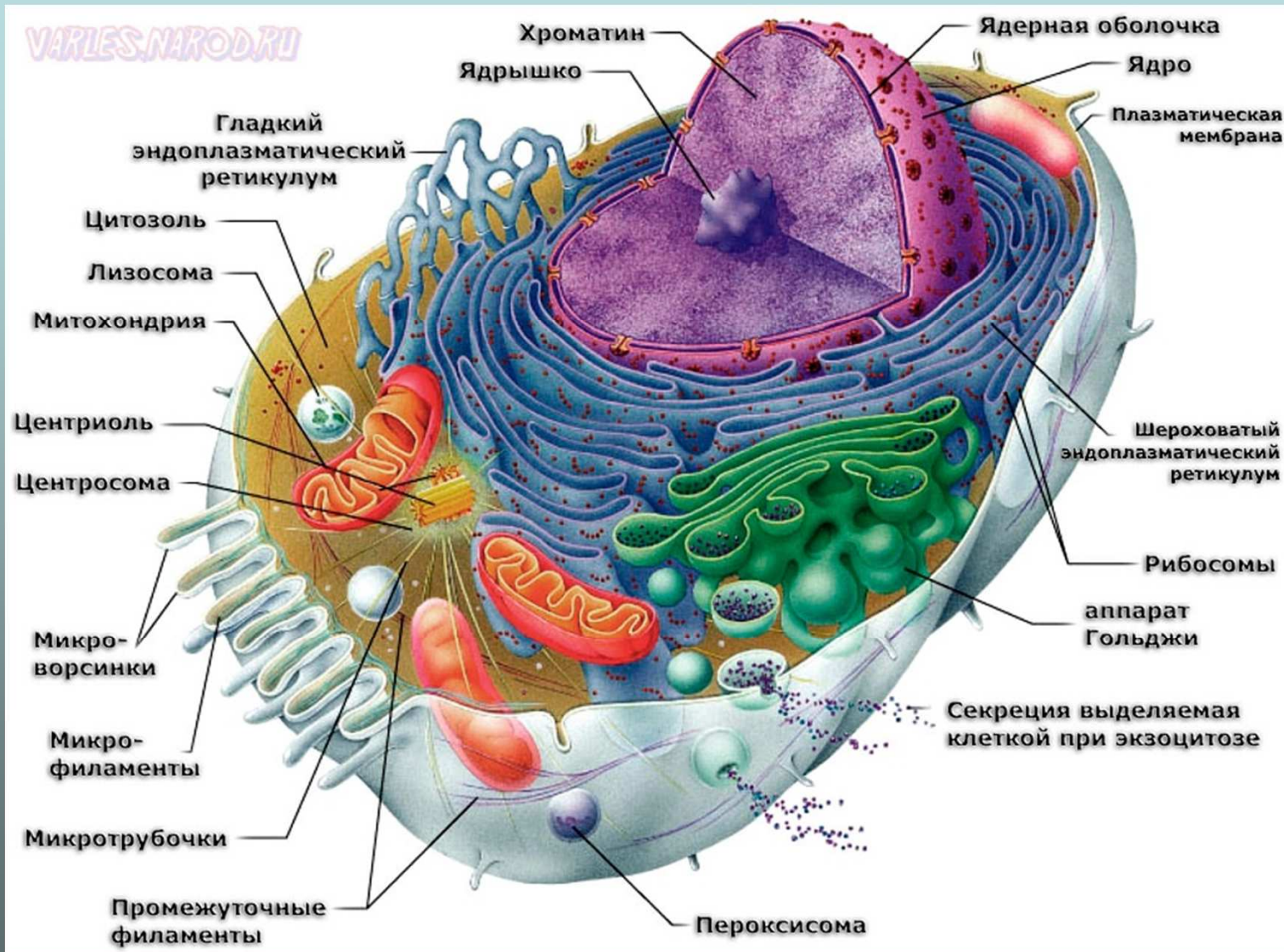


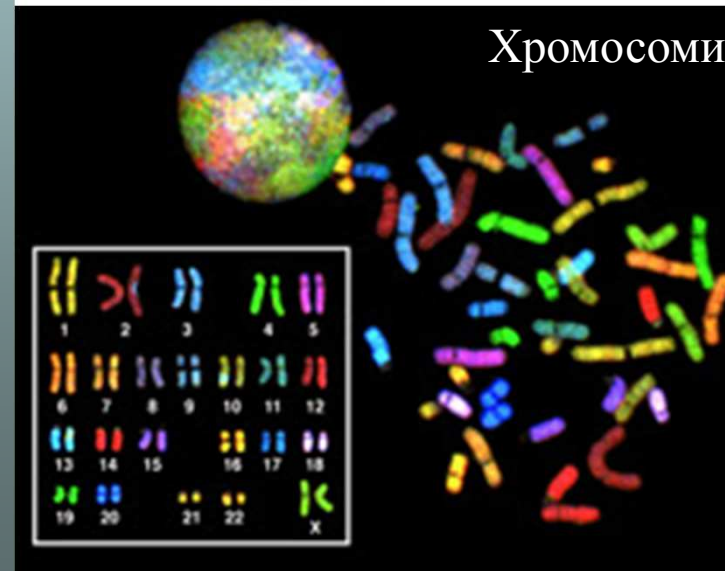
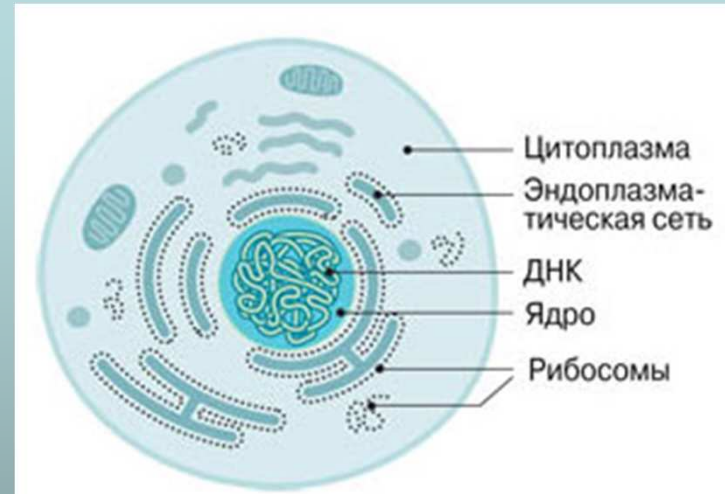
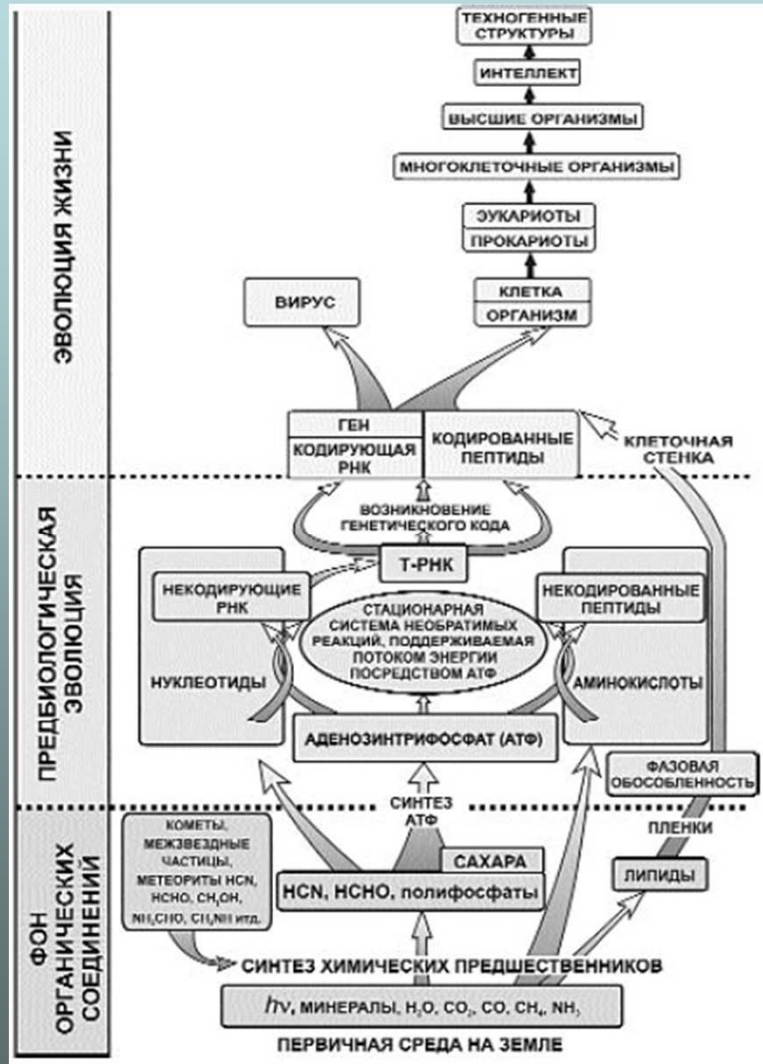
Схема синтезу рибонуклеотиду. Зеленими стрілками показаний описуваний процес, синіми - попередній варіант, хід якого переривався на позначеної червоним хрестом стадії.

Групі вчених з Манчестерського університету (Англія) вдалося синтезувати *рибонуклеотид* (з'єднання, необхідне для утворення РНК) в зовнішніх умовах, порівнянних з умовами первісної Землі, і на основі молекул, що з високою ймовірністю знаходилися в первинному бульйоні. *Прихильники гіпотези РНК-світу вважають, що на початковому етапі зародження життя на нашій планеті виникли автономні РНК-системи, які каталізували «метаболічні» реакції (наприклад, синтезу нових рибонуклеотидів) і самовідтворювалися.* Накопичення випадкових мутацій повинно було привести до появи РНК, що каталізують синтез більш «ефективних» білків, внаслідок чого ці мутації закріплювалися в ході природного відбору. В процесі подальшої еволюції, як стверджується, і виникла сучасна білкова життя. На жаль, ця струнка гіпотеза має свої недоліки. Її противники вказували на те, що формування рибонуклеотидів, при полімеризації яких утворюється РНК, «традиційним» чином - із залишку фосфорної кислоти, цукру рибози і азотистої основи – навряд чи могло статися в природних умовах. Англійські дослідники довели, що синтез рибонуклеотидів можна провести і іншим шляхом, без участі рибози і основ.

БУДОВА КЛІТИНИ

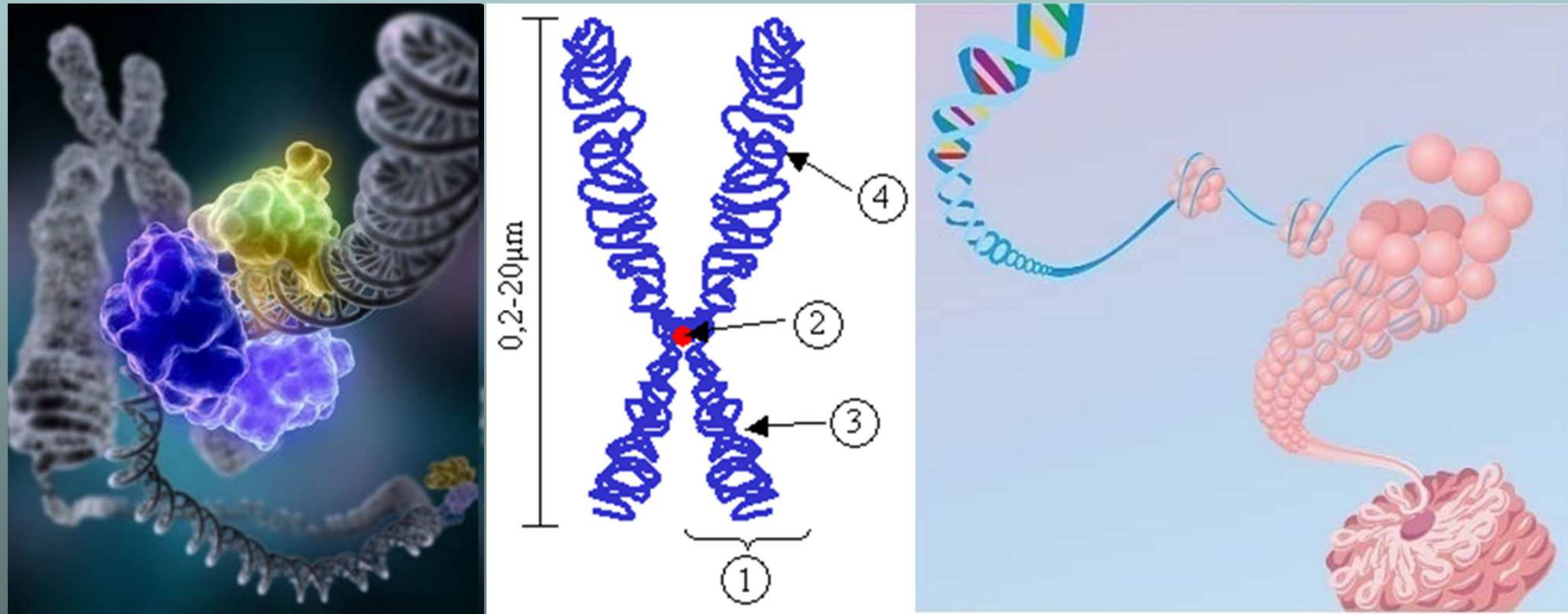


БУДОВА КЛІТИНИ



ХРОМОСОМИ

Оснoву хромосоми становить лінійна (не замкнута в кільце) *макролекула дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК)* значної довжини (наприклад, в молекулах ДНК хромосом людини налічується від 50 до 245 000 000 пар азотистих основ). У розтягнутому вигляді довжина хромосоми людини може досягати 5 см. Крім неї, *до складу хромосоми входять п'ять спеціалізованих білків - H1, H2A, H2B, H3 і H4 (так звані гістони) і ряд негістонових білків*. Послідовність амінокислот гістонів висококонсервативна і практично не розрізняється в різних групах організмів.



- Схема розміщення молекул ДНК у хромосомах

ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕЇНОВА КИСЛОТА

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) — один із двох типів природних нуклеїнових кислот, який забезпечує зберігання, передачу з покоління в покоління і реалізацію генетичної програми розвитку й функціонування живих організмів. **Основна роль ДНК в клітинах — довготривале зберігання інформації про структуру РНК і білків.**

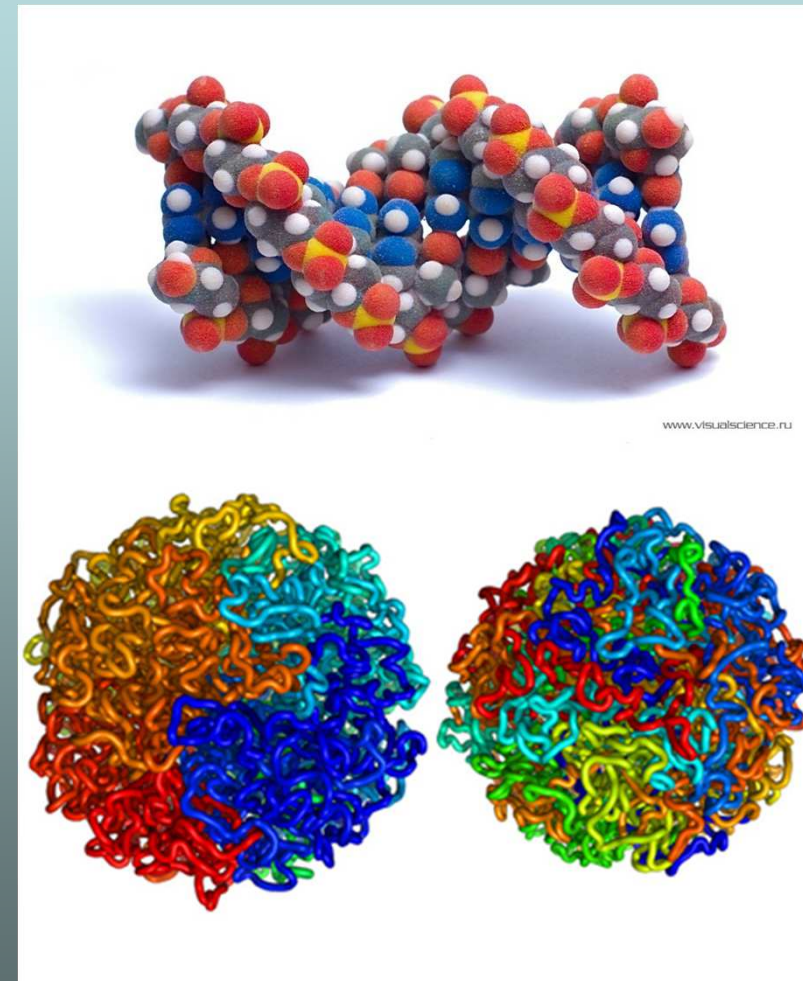
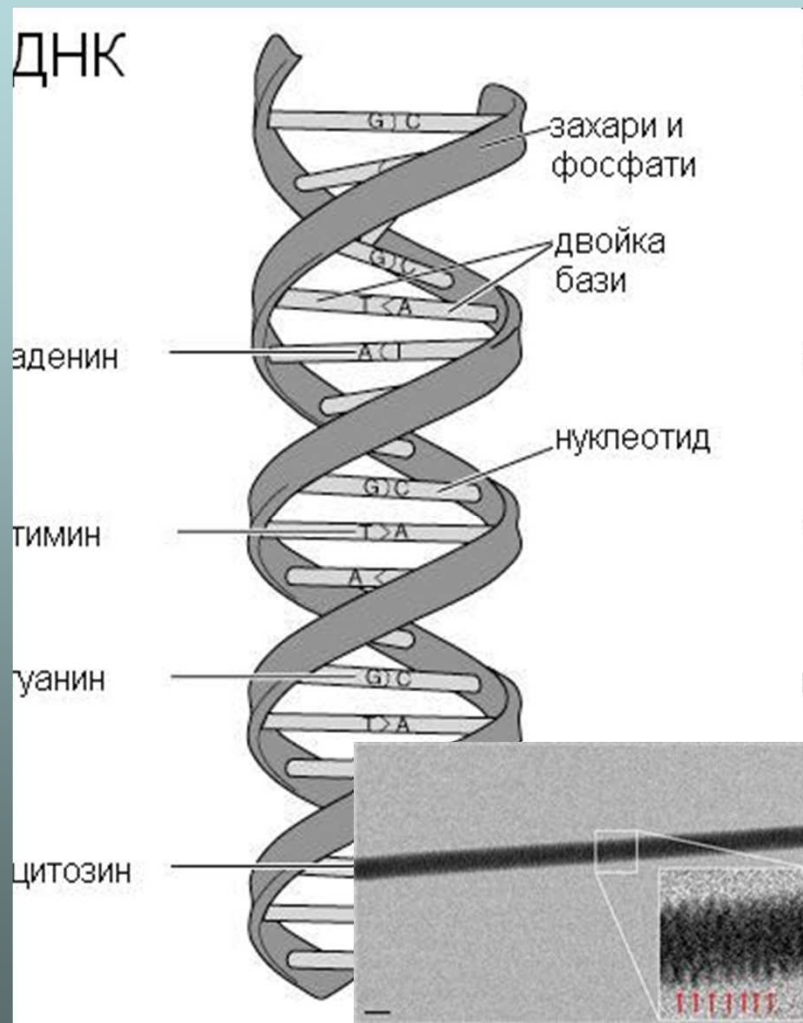
У клітинах **еукаріотів** (наприклад, тварин, рослин або грибів) ДНК знаходиться в ядрі клітини в складі **хромосом**, а також в деяких клітинних органелах (мітохондріях і пластидах). У клітинах **прокаріотів** (бактерій і архей) **кільцева або лінійна молекула ДНК, так званий нуклеоїд, знаходиться в цитоплазмі і прикріплена зсередини до клітинної мембрани.**

З хімічної точки зору, ДНК — це довга полімерна молекула, що складається з послідовності блоків — нуклеотидів. Кожний нуклеотид складається з **азотистої основи, цукру (дезоксирибози) і фосфатної групи (або гомологічної арсенної).** Зв'язки між нуклеотидами в ланцюжку утворюються за рахунок **дезоксирибози і фосфатної групи.** У переважній більшості випадків (окрім деяких вірусів, що містять одноланцюжкові ДНК) **макромолекула ДНК складається з двох ланцюжків, орієнтованих азотистими основами один проти одного.** Ця дволанцюжкова молекула утворює спіраль. В цілому структура молекули ДНК отримала назву «**подвійної спіралі**».

У ДНК зустрічається чотири види азотистих основ (аденін, гуанін, тимін і цитозин). Азотисті основи одного з ланцюжків сполучені з азотистими основами іншого ланцюжка водневими зв'язками згідно принципу комплементарності: **аденін з'єднується тільки з тиміном, гуанін — тільки з цитозином.**

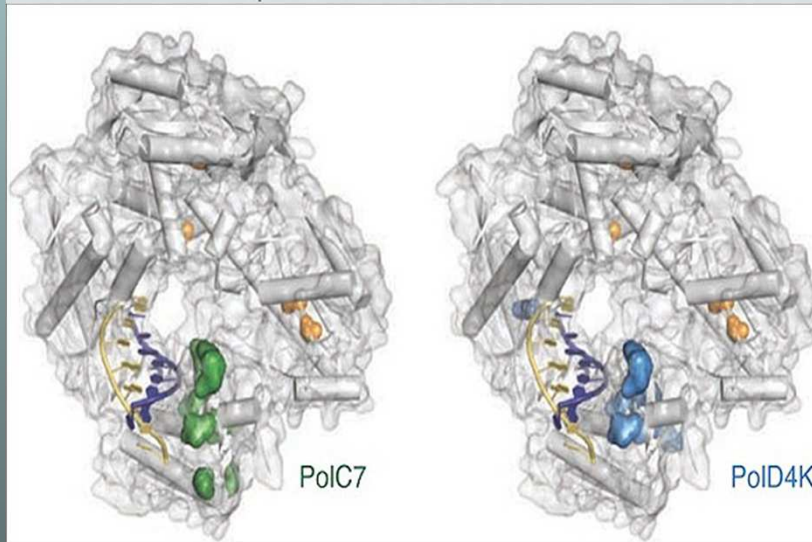
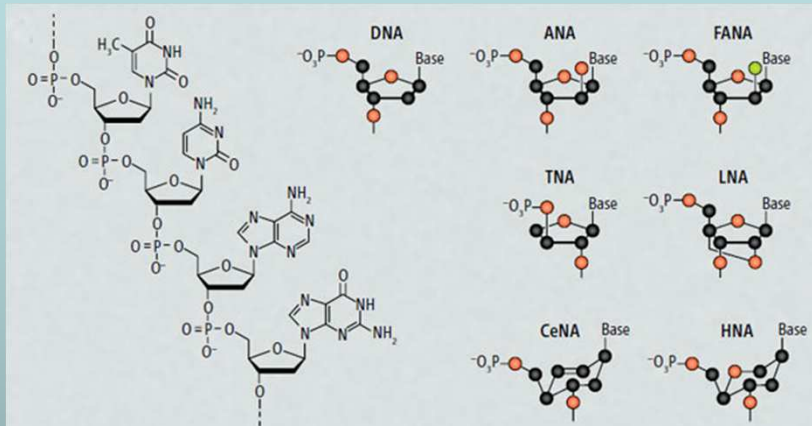
Розшифровка структури ДНК (виконана в 1953 році) стала одним з поворотних моментів в історії біології. За видатний внесок у це відкриття **Френсісу Кріку, Джеймсу Ватсону і Морісу Вілкінсу** була присуджена Нобелівська премія з фізіології і медицини 1962 року.

ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕЇНОВА КИСЛОТА



- Тривимірна модель ДНК людини

КСЕНОНУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ



ДНК і ксенонуклеїнові кислоти (КНК).
А-структура ДНК

Міжнародна група дослідників із США, Великобританії, Бельгії та Данії опублікувала в останньому номері журналу Science повідомлення про синтезованих ними *молекулах, які можуть виступати в якості альтернатив природним носіям генетичної інформації - РНК і ДНК.*

Питання про те, чи можуть існувати подібні альтернативи, давно був предметом багатьох досліджень і запеклих дебатів в науковому співтоваристві. Безпосередню участь в них приймав і Джон Чепет, біохімік з Інституту біосинтезу при Університеті Південної Арізони. Недавно він припустив, що однією з таких альтернатив може стати *нуклеїнова кислота треози* (треоза - один з найпростіших цукрів з формулою $C_4H_8O_4$). Тепер він продовжив розвиток своїх досліджень у складі європейської групи, зайнятої більш загальним питанням - *ксенонуклеїновими кислотами (XNA), тобто чужорідними нуклеїновими кислотами, молекули, яких в природі не існують, але точно так само, як РНК і ДНК, здатні зберігати і передавати генетичну інформацію.* Сьогодні ця група вперше продемонструвала створений нею набір з шести таких «неприродних» полімерів нуклеїнової кислоти.

РИБОНУКЛЕЇНОВА КИСЛОТА

РНК (рибонуклеїнова кислота) — клас нуклеїнових кислот, лінійних полімерів нуклеотидів, до складу яких входять залишок фосфорної кислоти, рибоза (на відміну від ДНК, що містить дезоксирибозу) і азотисті основи — **аденін, цитозин, гуанін і урацил** (на відміну від ДНК, що містить замість **урацила тимін**). **РНК містяться головним чином в цитоплазмі клітин.** Ці молекули синтезуються в клітинах всіх клітинних живих організмів, а також містяться в віроїдах та деяких вірусах. **Основні функції РНК в клітинних організмах — шаблон для трансляції генетичної інформації в білки та поставка відповідних амінокислот до рибосом.** В вірусах є носієм генетичної інформації (кодує білки оболонки та ферменти вірусів). Віроїди складаються з кільцевої молекули РНК та не містять в собі інших молекул.

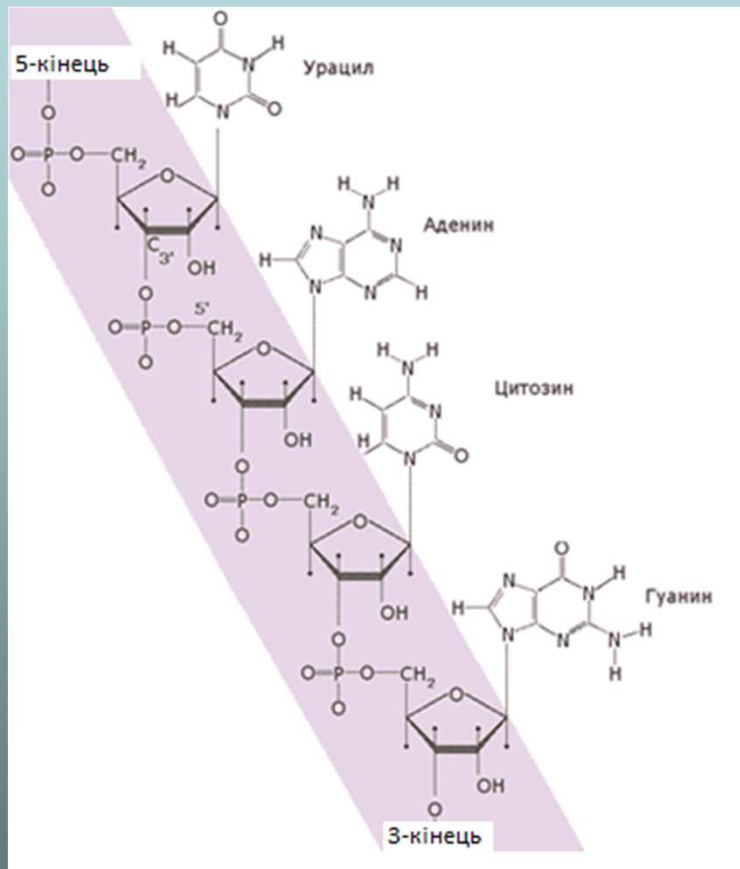
- Клітинні РНК утворюються в ході процесу, що зветься **транскрипцією**, тобто синтезу РНК на матриці ДНК, що здійснюється спеціальними ферментами - **РНК-полімерази**. Потім матричні РНК (мРНК) беруть участь у процесі, що називається трансляцією. **Трансляція - це синтез білка на матриці мРНК за участю рибосом.** Інші РНК після транскрипції піддаються хімічним модифікаціям, і після утворення вторинної та третинної структур виконують функції, що залежать від типу РНК.

- Для одноланцюжкових РНК характерні різноманітні просторові структури, в яких частина нуклеотидів одного і того ж ланцюга спарені між собою. **Деякі високо структуровані РНК приймають участь у синтезі білка клітини, наприклад, транспортні РНК служать для впізнавання кодонів та доставки відповідних амінокислот до місця синтезу білка, а матричні РНК служать структурною і каталітичною основою рибосом.**

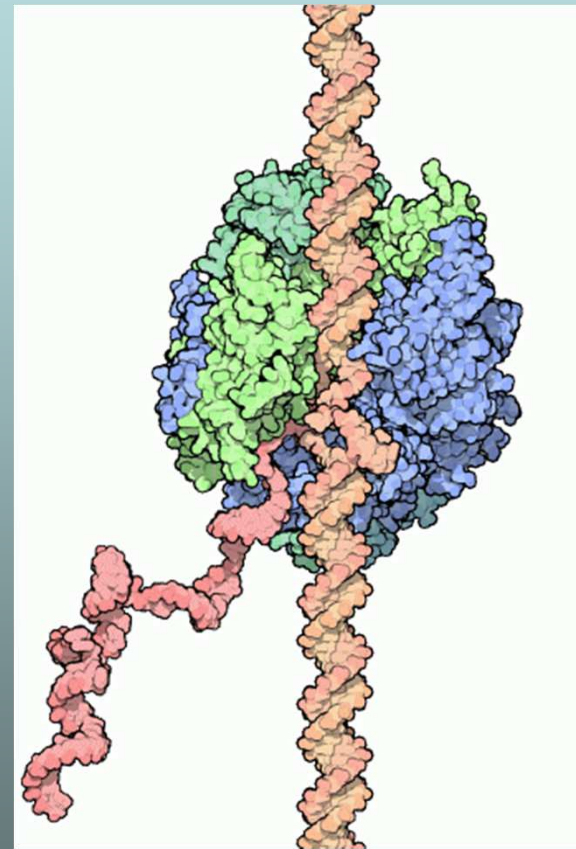
- Однак функції РНК в сучасних клітинах не обмежуються їх роллю в трансляції. Так малі ядерні РНК беруть участь у сплайсингу еукаріотичних матричних РНК та інших процесах.

- Крім того, що **молекули РНК входять до складу деяких ферментів** (наприклад, теломерази) у окремих РНК виявлена власна ензиматична активність, здатність вносити розриви в інші молекули РНК або, навпаки, «склеювати» два РНК-фрагмента. **Такі РНК називаються рибозимами.**

ТРАНСКРІПЦІЯ РНК

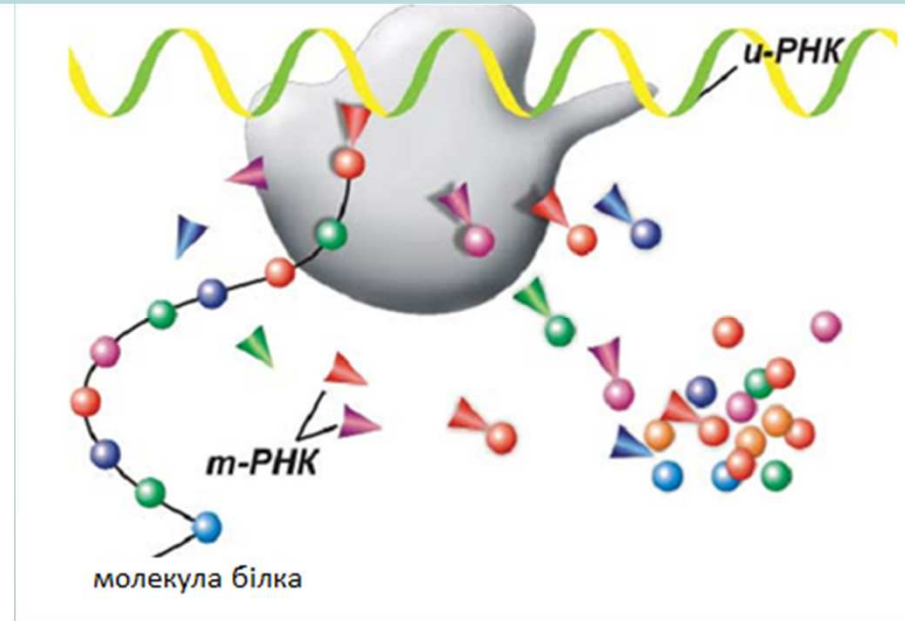
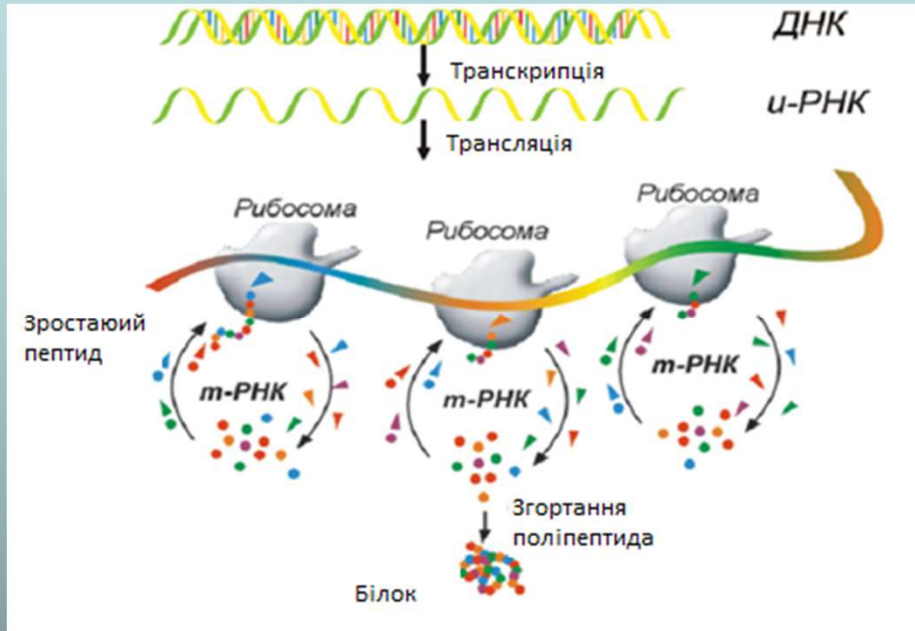


Будова РНК

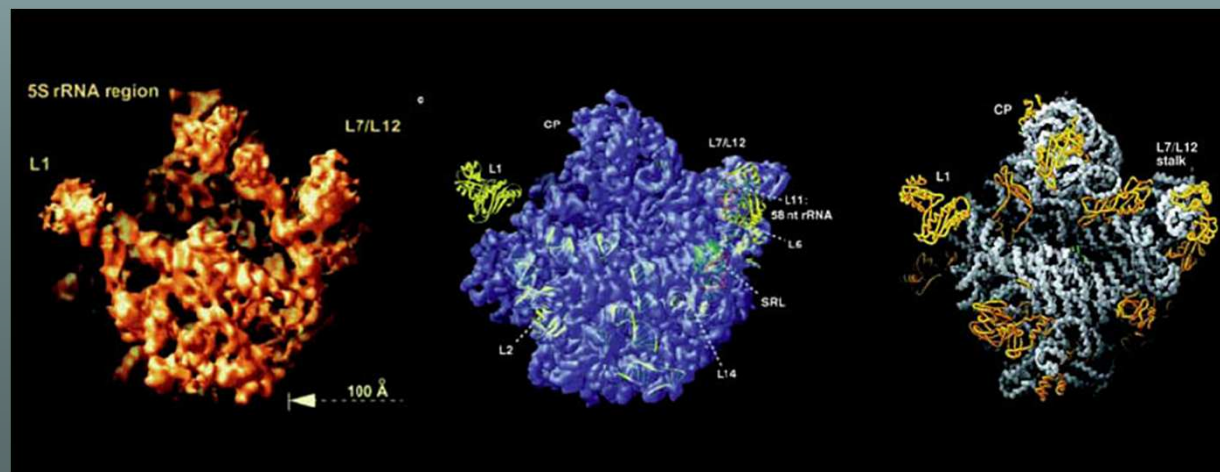


Транскрипція (схема). Блідо рожевий - ДНК; темно-рожевий - РНК; зелений, блакитний, синьо-зелений - субодиниці РНК-полімерази. 32

СІНТЕЗ БІЛКІВ

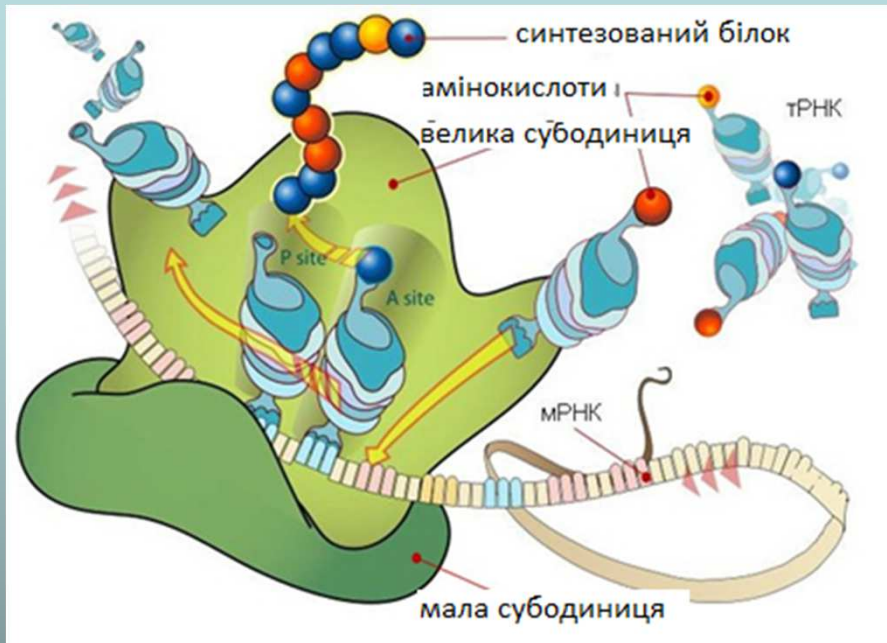


Процес синтезу білку рибосомами

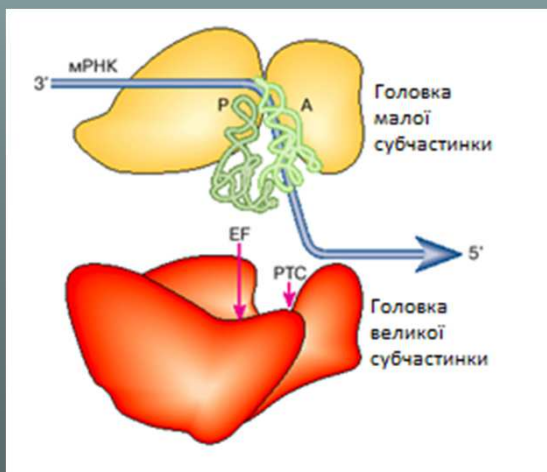


Деталізація структури рибосоми при розрізненні 9 ангстрем

РИБОСОМИ

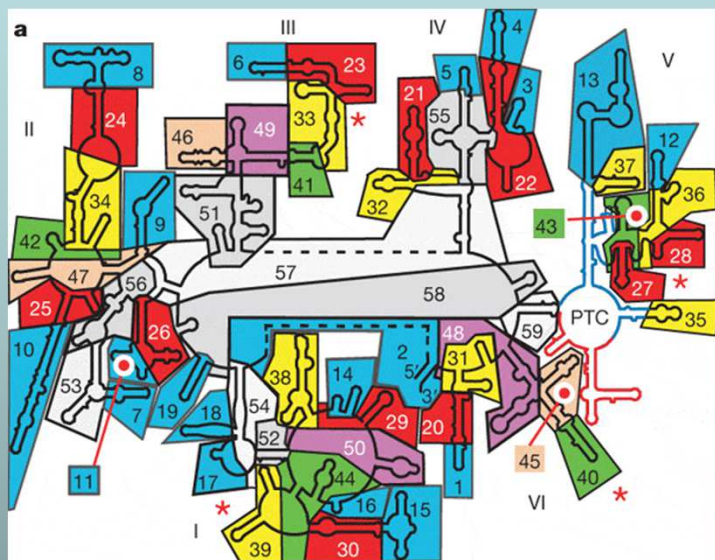


•**Рибосоми** - складний молекулярний комплекс, що складаються з рибосомних РНК (рРНК) і білків. Рибосоми грають ключову роль в трансляції - синтезі білка по «інструкції», записаній за допомогою генетичного коду в молекулі матричної РНК (мРНК). Рибосоми у всіх живих істот - від бактерій до людини - влаштовані дуже схоже. Мабуть, це означає, що рибосоми в їх «сучасному» вигляді були вже у спільного предка всіх нинішніх форм життя. Рибосома складається з двох субодиноць - великої (головної) і малої (допоміжної). Основу обох субодиноць складають молекули р-РНК. Зовні до молекул рРНК прилягають молекули рибосомних білків.

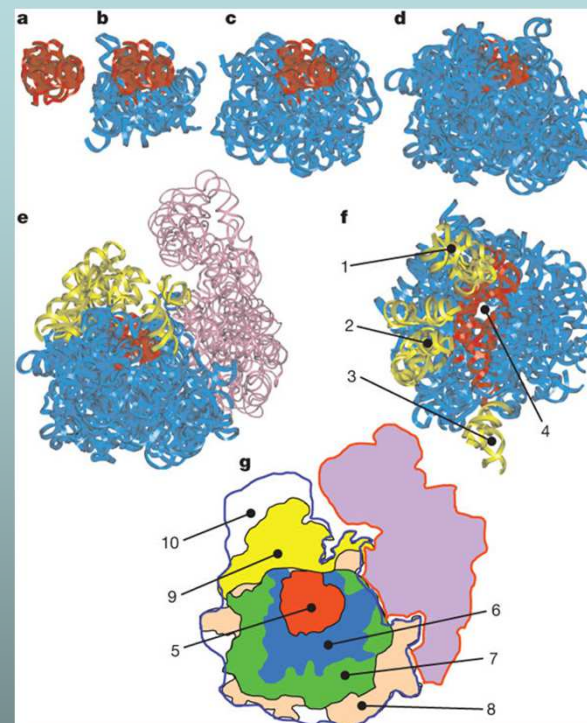


Схематичне зображення рибосоми в процесі трансляції. Мала субодинаця зв'язує мРНК, а велика субодинаця направляє аміноацил-тРНК та пептидил-тРНК до матричної РНК, контролюючи правильне парування відповідних триплетів

ПОХОДЖЕННЯ РИБОСОМ



• Молекула 23S-рРНК як тривимірна головоломка: схема зборки/розбирання. Можна видалити, не ушкоджуючи структуру частин, що залишаються, спочатку сині блоки, потім червоні, жовті, зелені, рожеві, бузкові і, нарешті, білі та сірі. У результаті залишається «нерозібраним» центр транспептидації (РТС), що складається з двох симетричних частин, показаних синіми і червоними лініями.



Послідовні етапи еволюції рибосоми. Червоним кольором виділена проторібосома, жовтим - «вирости» (1-3), бузковим - мала субодиниця. 4 - вихідний канал для синтезованого білка. 5-9 - частини рибосоми, показані на малюнках а-е. 10 - «додаткова» частина великої субодиниці, до складу якої не входить S-рРНК.

БАКТЕРІЇ ОЗЕРА МОНО



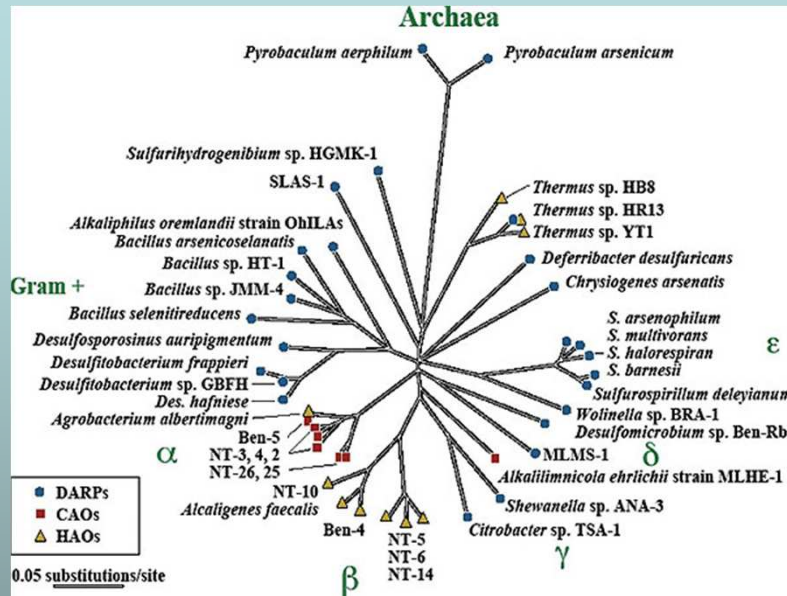
Lake	As (μM)	Salinity (g/L)	pH
1 Crowley	0.8	0.6	8.5
2 Walker	13.0	14.0	9.2
3 Big Soda	20.0	27.0	9.8
4 Mono	200.0	90.0	9.8
5 Searles	3000.0	~300.0	9.8

У каліфорнійському озері Моно була знайдена бактерія, до *складу ДНК якої замість фосфору входить миш'як*. Про це говориться в дослідженні Національного аерокосмічного агентства США (NASA), опублікованому в журналі Science.

•Життя на Землі залежить від шести хімічних елементів: *вуглецю, водню, азоту, кисню, фосфору і сірки*. Проте, за словами авторів дослідження, *бактерії, знайдені у водах солоного озера Моно, здатна "вбудовувати" в молекули ДНК і РНК миш'як замість фосфору і при цьому нормально функціонувати*.

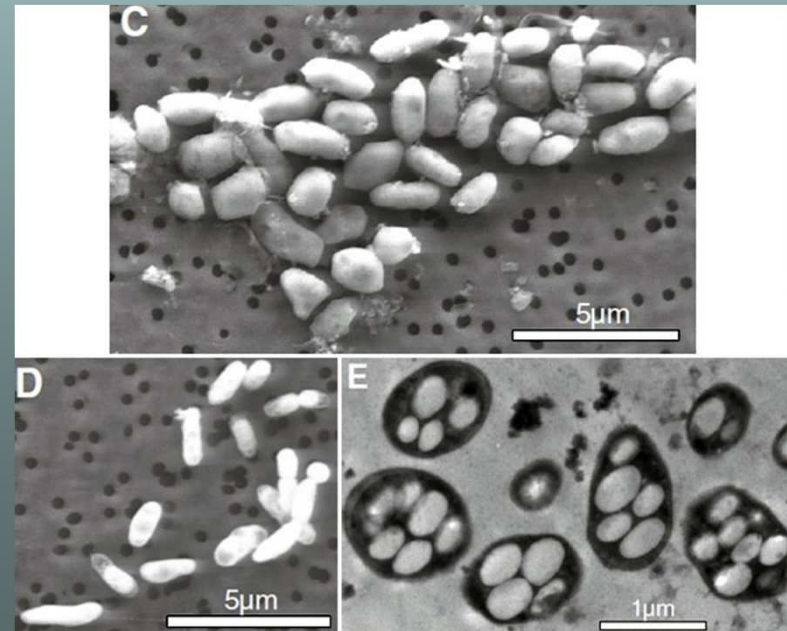
За словами астробіологів, відкриття не доводить існування паралельного життя у Всесвіті, проте збільшує вірогідність знаходження на інших планетах живих істот. Вольф-Саймон і її колеги вибрали мешканців озера Моно як об'єкт для вивчення, оскільки вода в цьому водоймищі відрізняється високим вмістом лугів і солей, зокрема - солей миш'яку. У таблиці Менделєєва миш'як знаходиться під фосфором і дуже схожий на нього за фізико-хімічними властивостями. Саме через це організм не може відрізнити миш'як від фосфору і дозволяє йому брати участь в процесах обміну речовин.

БАКТЕРІЇ ОЗЕРА МОНО



Так виглядають бактерії під електронним мікроскопом. С - миш'ячний варіант, Е - внутрішня будова цих клітин з вакуолями, D - фосфорний аналог

Синіми кружечками позначені організми, які використовують сульфіді як донори електронів і арсенати як акцептори електронів (DARPs, Dissimilatory Arsenate Reducers Procaroyotes), червоними квадратами - арсеніти як донори електронів, а нітрати як акцептори (CAOs, Chemoautotrophic Arsenite Oxidizers), жовтими трикутниками (HAOs, Heteroautotrophic Arsenite Oxidizers) - знову арсеніти як донори електронів, але з органічними сполуками в якості акцептора електронів



СУТЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ЖИТТЯ

- Представлені вище гіпотези й теорії дають нам можливість зрозуміти суть біологічних процесів, необхідних для появи живих організмів. На буденному рівні ми всі інтуїтивно розуміємо, що є живим, а що - мертвим. Проте при спробі визначити суть життя як на буденному, так і на науковому рівні, виникають великі труднощі, оскільки суть життя і в тому і в іншому випадку розуміється й визначається різним чином.
- Більшість учених переконана, що *життя є особливою формою існування матеріального світу*. До кінця 50-х років у науковій і філософській літературі загальноприйнятим було знамените визначення Ф. Енгельса, яке стверджувало, що *життя є способом існування білкових тіл*, що полягає в постійному самооновленні хімічних складових частин цього тіла. Але до цього часу стало очевидним, що субстратна основа життя не зводиться тільки до білка, а функціональна - до властивого йому обміну речовин. Цікаві також визначення *життя Е. Шредінгера як аперіодичного кристала*, Г. Югая як *космічної організованості матерії, а також визначення, що підкреслює енергетичний аспект життя - протистояння ентропійним процесам*.
- Є *аксіоматичні визначення життя*, що називають його найважливіші риси. Таке визначення А.І. Опаріна, що згадувалося вище. До цієї групи відносять і визначення Б.М. Меднікова, що називає життям активну підтримку з витратою енергії і відтворення специфічних структур, функціонування яких описують наступні положення:
 - *1) живі організми характеризуються наявністю фенотипу і генотипу;*
 - *2) генетичні програми не виникають наново, а реплікуються матричним способом;*
 - *3) у процесі реплікації неминучі помилки на мікрорівні, випадкові і непередбачувані зміни генетичних програм(мутації);*
 - *4) в ході формування фенотипу ці зміни багато разів посилюються, що робить можливою їх селекцію з боку чинників зовнішнього середовища.*

СУТЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ЖИТТЯ

- Сучасна біологія в питанні про суть живого все частіше йде по шляху переліку основних властивостей живих організмів. При цьому акцент робиться на те, що тільки сукупність даних властивостей може дати уявлення про специфіку життя. Отже, що таке живе і чим воно відрізняється від неживого? До властивостей живого звичайно відносять наступні:
- *- живі організми характеризуються складною впорядкованою структурою. Рівень їх організації значно вищий, ніж у неживих системах;*
- *- живі організми одержують енергію з навколишнього середовища, використовуючи її на підтримку своєї високої впорядкованості. Велика частина організмів прямо або побічно використовує сонячну енергію;*
- *живі організми активно реагують на навколишнє середовище. Здатність реагувати на зовнішнє подразнення - універсальна властивість всіх живих істот, як рослин, так і тварин;*
- *живі організми не тільки змінюються, але й ускладнюються;*
- *усе живе розмножується. Здатність до самовідтворення - одна з найголовніших ознак життя, оскільки в цьому виявляється дія механізму спадковості й мінливості, що визначає еволюцію всіх видів живої природи;*
- *живі організми передають нащадкам закладену в них інформацію, необхідну для життя, розвитку й розмноження. Ця інформація міститься в генах - одиницях спадковості, найдрібніших внутріклітинних структурах. Генетичний матеріал визначає напрям розвитку організму. От чому нащадки схожі на батьків. Проте ця інформація в процесі передачі децю змінюється, спотворюється. У зв'язку з цим нащадки не лише схожі на батьків, але і відрізняються від них;*
- *живі організми добре пристосовані до місця існування і відповідають своєму способу життя.*
- В узагальненому і спрощеному варіанті все відмічене можна виразити у висновку, що **усі живі організми харчуються, дихають, ростуть, розмножуються й розповсюджуються в природі, а неживі тіла не харчуються, не дихають, не ростуть і не розмножуються.**

СУТЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ЖИТТЯ

•Проте строге наукове розмежування живого й неживого зустрічає певні труднощі. *Існують перехідні форми від неживого до живого.* Так, наприклад, віруси поза клітинами іншого організму не мають жодного з атрибутів живого. У них є спадковий апарат, але відсутні основні необхідні для обміну речовин ферменти, і тому вони можуть рости і розмножуватися, лише проникаючи в клітини іншого організму і використовуючи його ферментні системи. Тому, в залежності від того, яку ознаку живого ми вважаємо найважливішою, ми відносимо віруси до живих систем або ні. Природно, що у визначенні життя повинні бути зафіксовані всі ці функціональні ознаки.

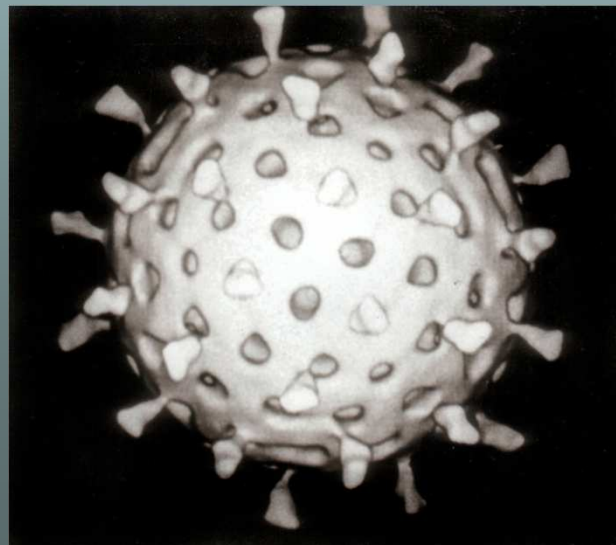
•Тому можна запропонувати наступне визначення: *життя - вища з природних форм руху матерії, вона характеризується самооновленням, саморегуляцією й самовідтворенням різнорівневих відкритих систем, речовинну основу яких складають білки, нуклеїнові кислоти і фосфороорганічні сполуки.*

•Ознаками життя є:

•*протистояння ентропійним процесам,*

•*обмін речовин із навколишнім середовищем,*

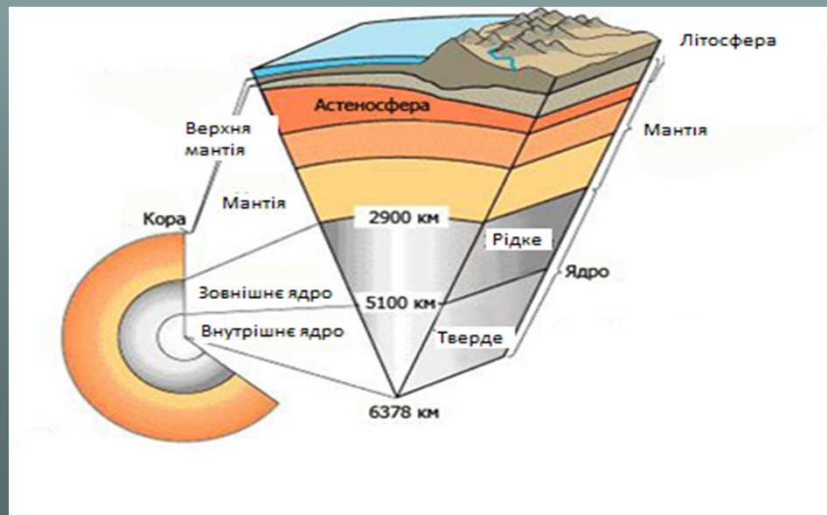
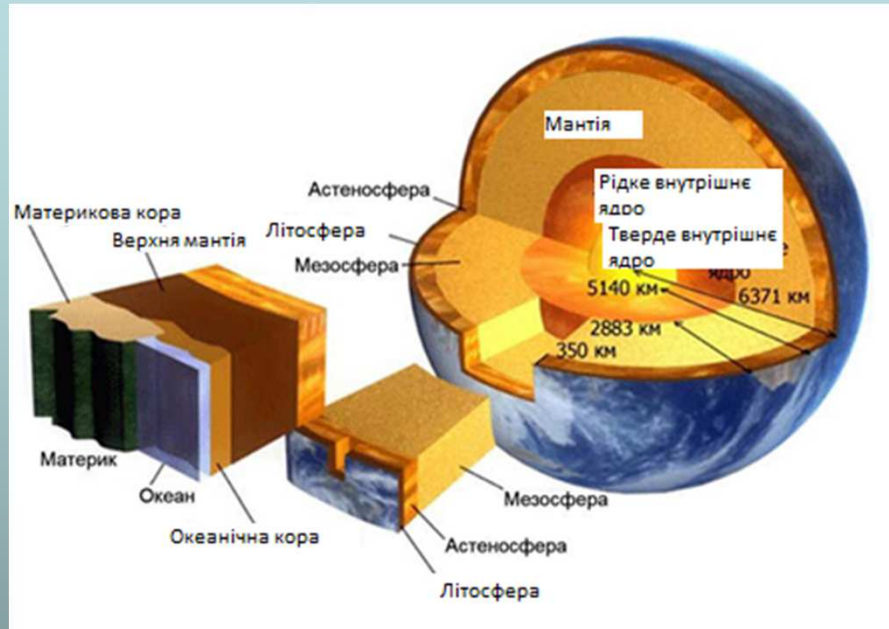
•*відтворення на основі генетичного коду і молекулярна хиральність.*



Модель вірусу
імунодефіциту
людини та
ротавірус

40

БУДОВА ЗЕМЛІ

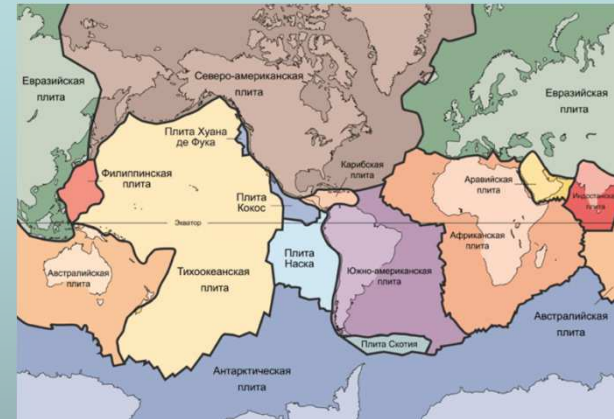
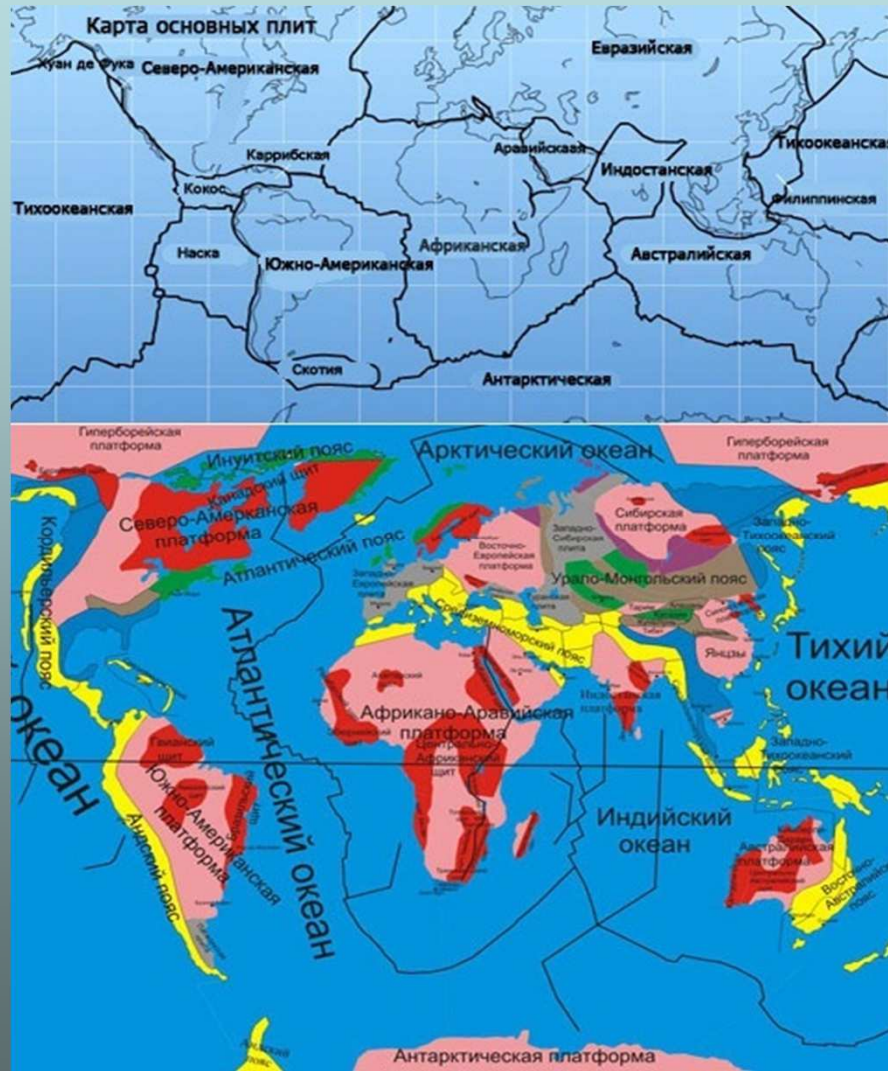


Оболонка Землі називається **літосферою**. У неї входять **тверда кора і найхолодніша, в'язка частина верхньої мантії**. Континентальна й океанічна оболонки розрізняються. Якщо спрощено, вони представляють собою **граніти і базальти**. Деякі платформи складені виключно океанічної корою, інші складаються із блоку континентальної, "впаянного" в океанічну.

Потужність континентальної літосфери становить від 40 до 200 кілометрів (а за деякими оцінками до 400), в **тому числі кора - від 30 до 50 кілометрів**; потужність океанічної літосфери - від 50 до 100 кілометрів, у тому числі кора - від 7 до 10 кілометрів.

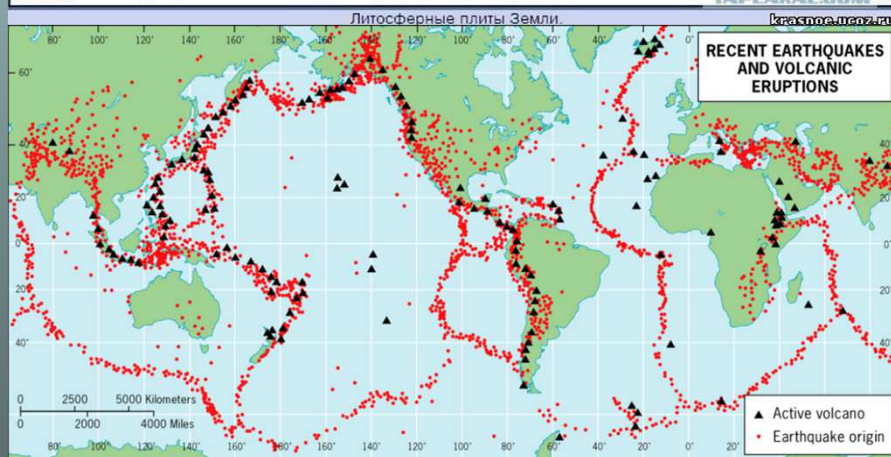
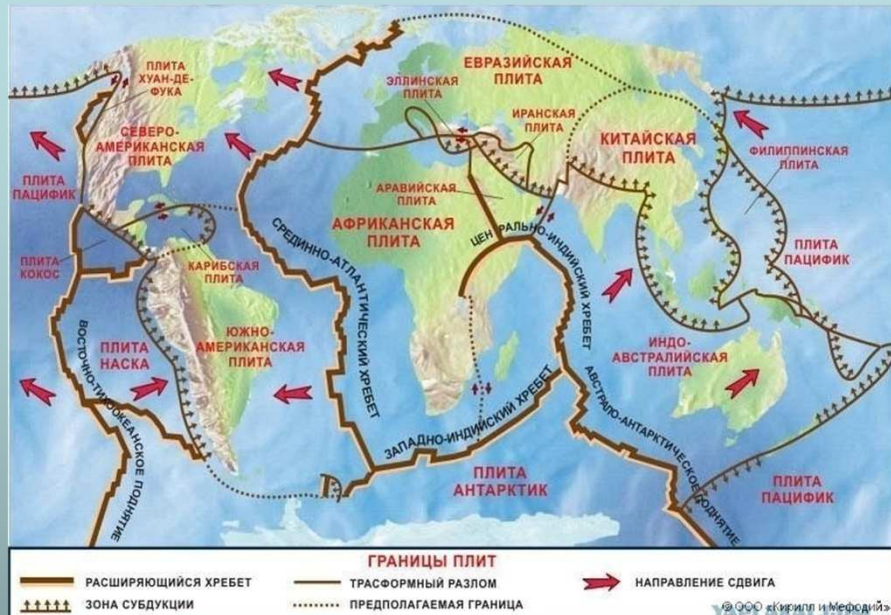
Літосфера поділена на частини – літосферні плити

ТЕКТОНІКА ЛІТОСФЕРНИХ ПЛИТ



Найбільших літосферних плит вісім: **Північно-Американська, Євразійська, Південно-Американська, Африканська, Індостанська, Австралійська, Антарктична і Тихоокеанська.** Самостійність "мегаплит" в цілому не викликає сумнівів, але їх кордони не скрізь є однозначними. Найбільші платформи в основі своїй мають давні ядра – **кратони** (на карті позначені червоним кольором), які виникли на зорі тектонічної активності. Сибір, наприклад, один з таких "Зародків". Для нас основне значення має поділ літосфери на континенти і океани, однак воно далеко не завжди збігається з поділом літосфери на плити.

ТЕКТОНІЧНІ ЗОНИ ЗЕМЛІ



•Тектонічно активні області Землі звичайно знаходяться на стиках літосферних плит

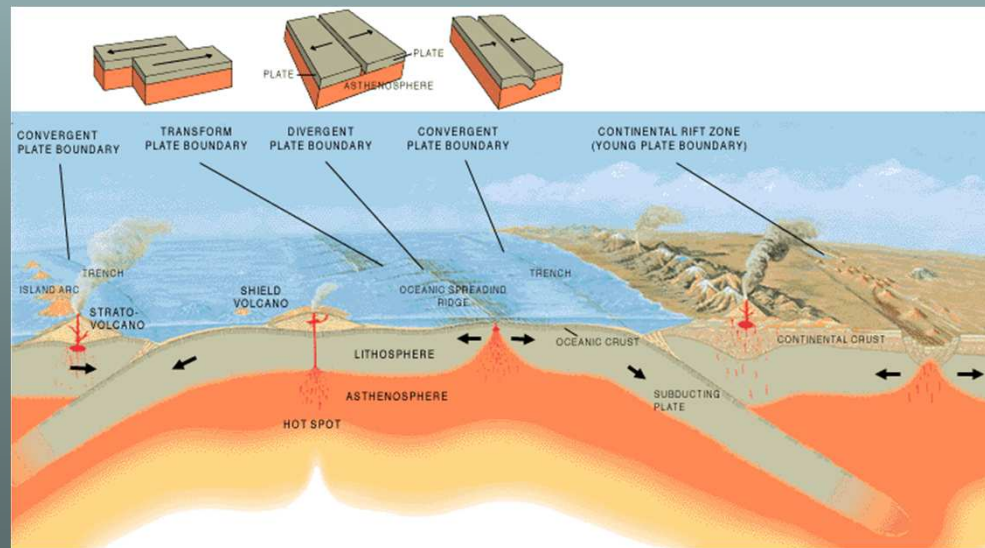
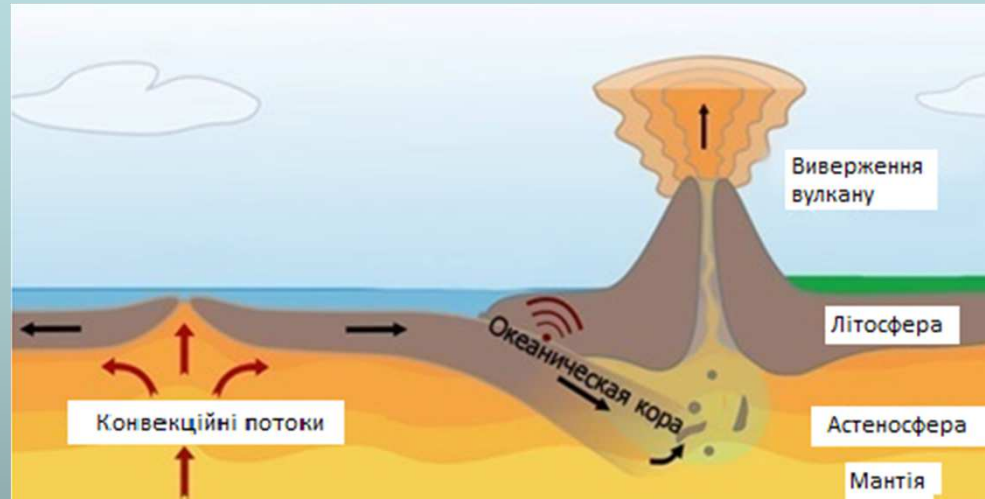


Рис. Схема механіки руху літосферних плит.



•Магнітні аномалії океанського дна поблизу серединно-океанічного хребта та рифтової долини. Чергування темних і світлих смуг відображає періодичну зміну прямої і зворотної, по відношенні до сучасного напрямку магнітного поля, намагніченості

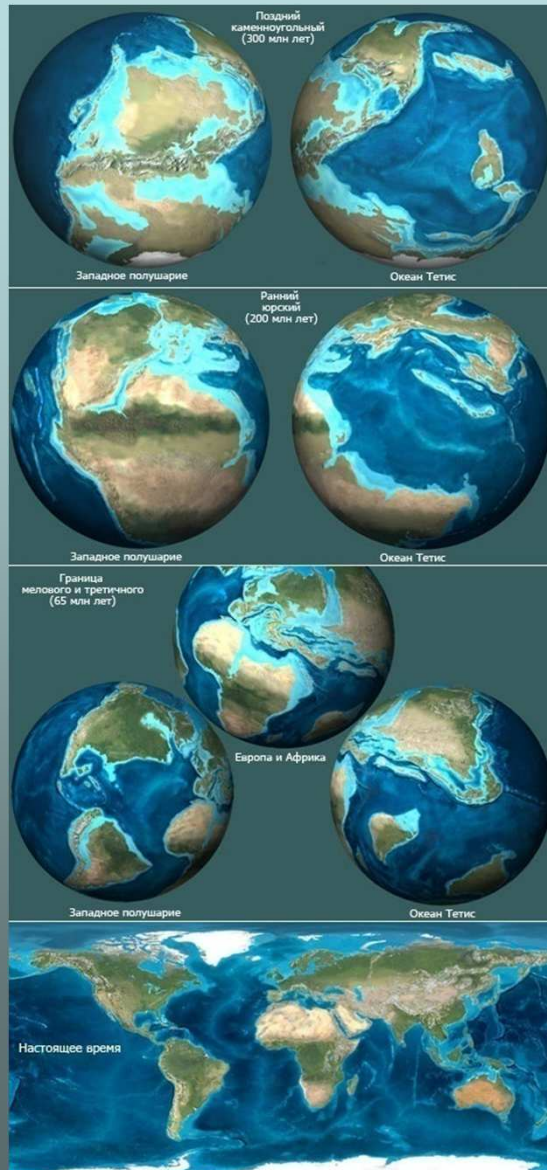
ВУЛКАНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ



Коли океанічні плити стикаються - між собою, або з континентальними - одна з них "занурюється" під іншу. В останньому випадку "переможцем", за дуже рідкісними винятками, стає материк. Цей процес називається **субдукцією**. Плита, що йде вниз потрапляє в гарячу область мантиї і теж нагрівається, розм'якшуючись при цьому. Розплавлена порода проривається назовні, деформуючи верхню частину літосфери та створюючи вулкани.

Три типи границь тектонічних плит

ДРЕЙФ КОНТИНЕНТІВ

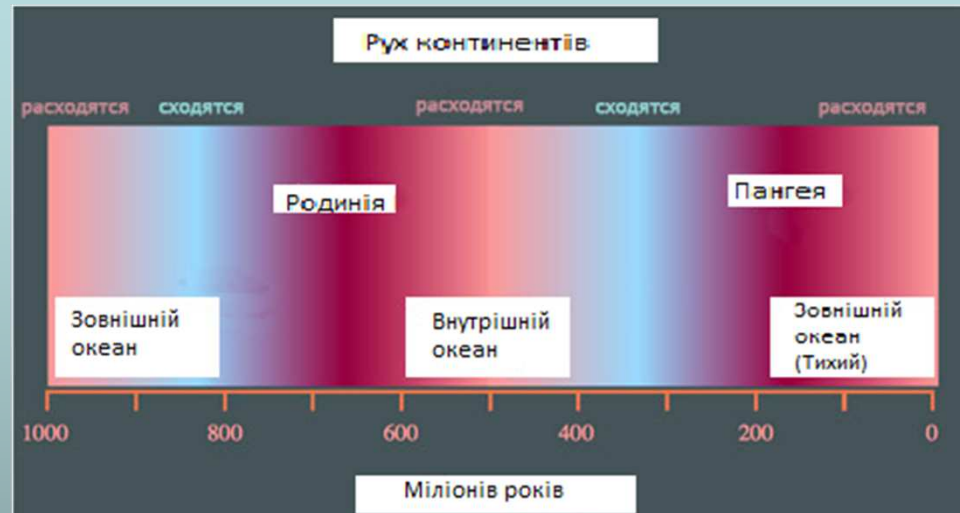
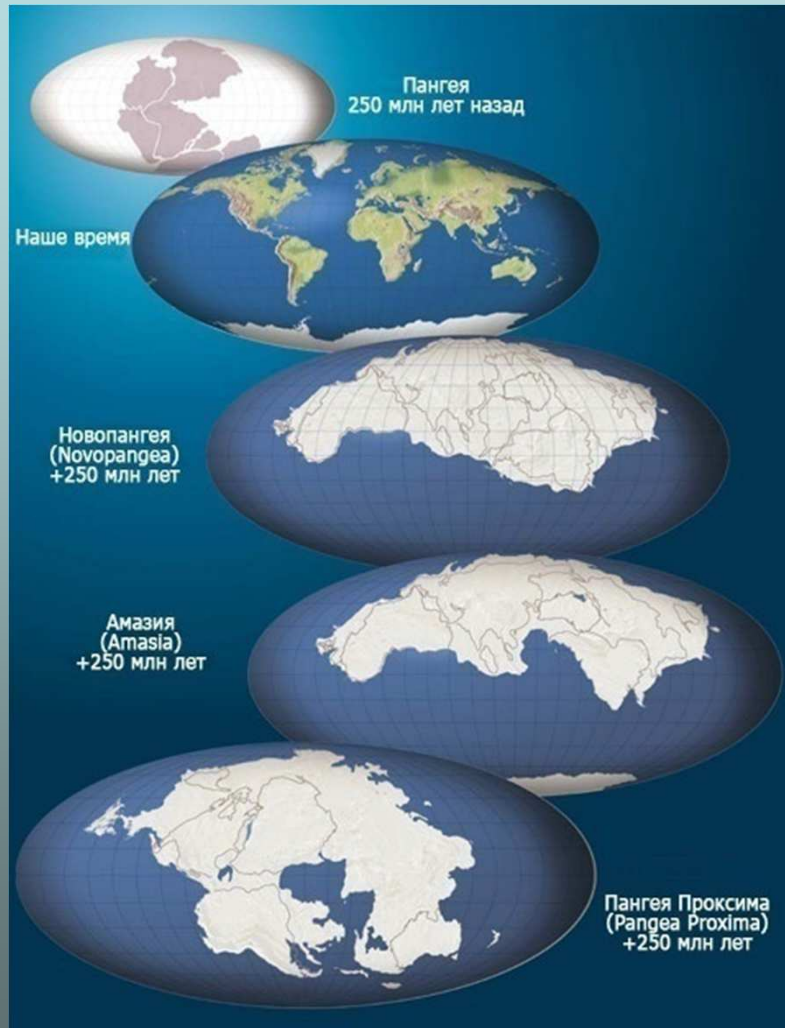


Відома нам сьогодні тектоніка літосферних плит виникла, на думку ряду вчених, в пізньому *протерозої*. До цього мантия, можливо, мала іншу структуру, в якій не було стійких конвективних потоків.

Материкові плити періодично збивалися в купу - кожні 400-600 мільйонів років. Це приблизно збігається з числом конвективних циклів, тобто періодів, за які все речовина мантиї принаймні один раз встигала повністю "прокрутитися" - за допомогою субдукції і спрединга.

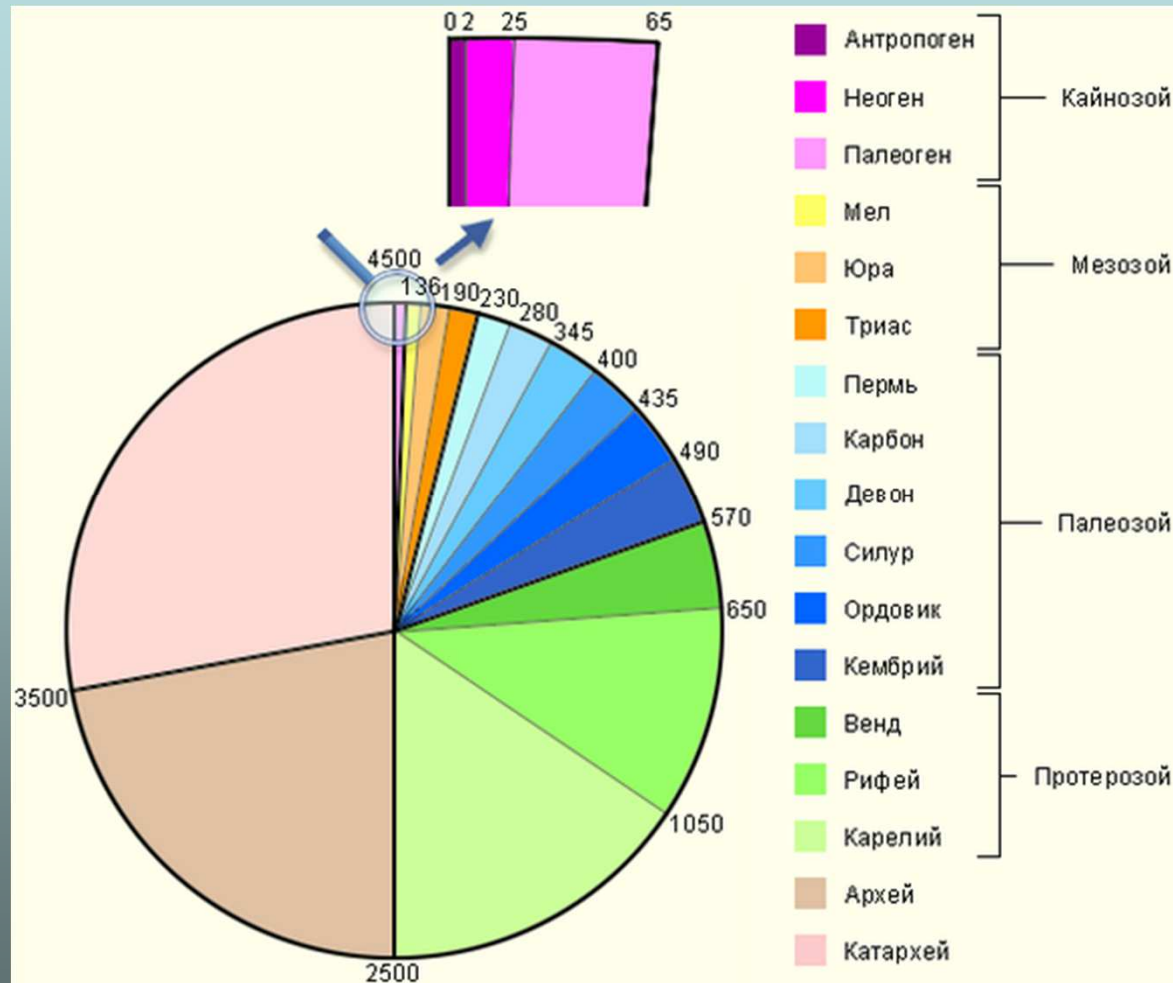
Першим з "виявлених" суперконтинентів стала *Пангея*, що існувала 250-200 мільйонів років тому. В результаті її розпаду і утворилися сучасні континенти. Пангея розкололася на *Лавразію* (північний континент) і *Гондвану* (південний континент), давши початок Атлантичному океану. До речі, назва "Пангея" (буквально "всі землі") придумав родоначальник тектонічної теорії Альфред Вегенер (Alfred Wegener). *Всього суперконтинентів налічують близько десятка* (в тому числі неповних, але все одно великих), і часом деякі вчені оперують різними назвами одного і того ж "гіганта".

ДРЕЙФ КОНТИНЕНТІВ



За думкою вчених зараз почався етап “збірки” всіх існуючих континентів у суперконтинент. Найбільш очікуваний час “збірки” *Pangea Proxima* - через 250 мільйонів років, але зустрічаються і оцінки в 350 мільйонів. Єдиної думки про те, як він буде виглядати - не існує, багато геологів висуває альтернативні версії останнього суперконтиненту під різними іменами.

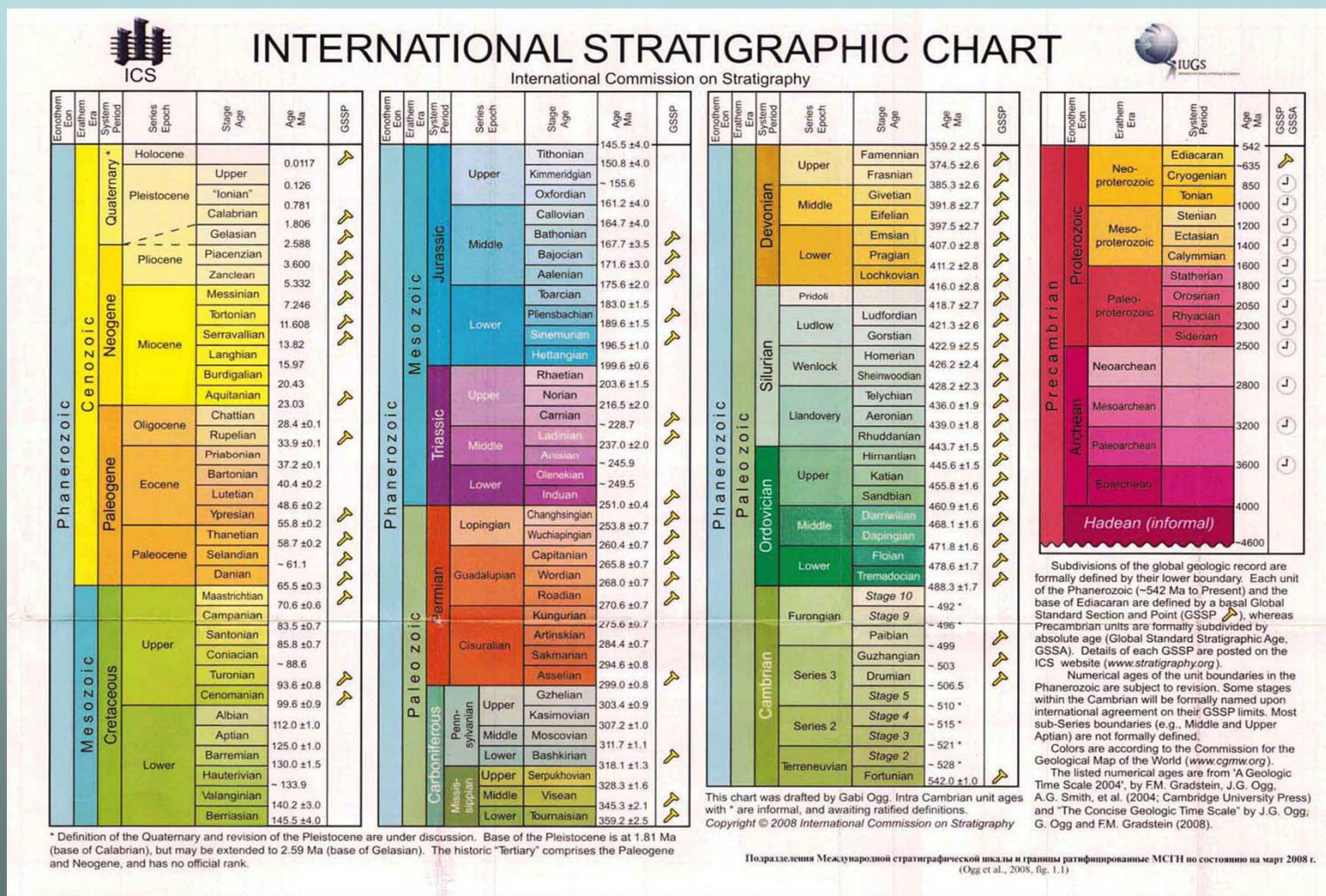
ГЕОХРОНОЛОГИЧНА ШКАЛА



Епоха Період Ера

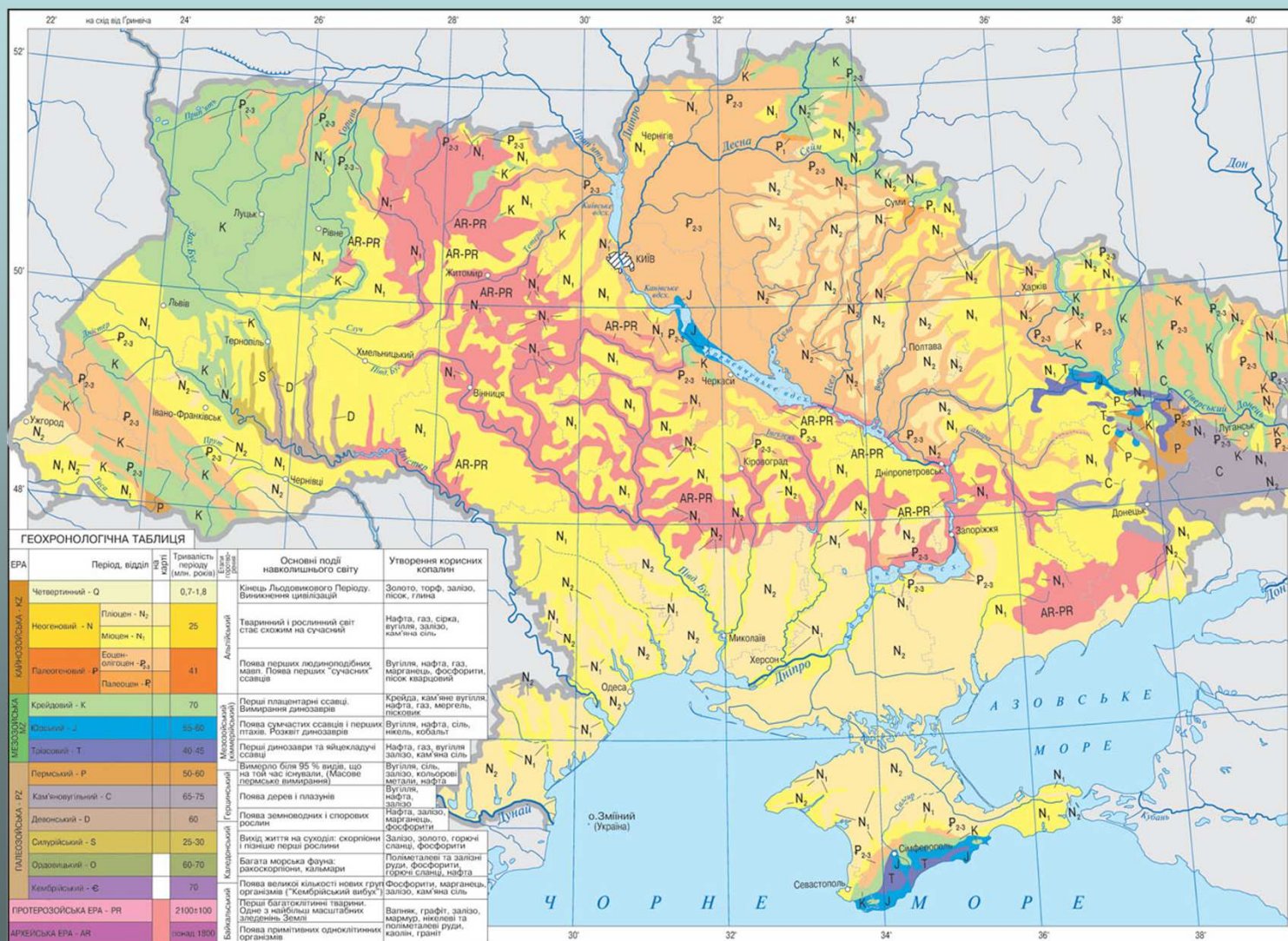
Геохронологічна шкала - геологічна часова шкала історії Землі, що застосовується в геології та палеонтології. Згідно з сучасними загально-прийнятими уявленнями вік Землі оцінюється в 4,5 млрд. років. Подальший час в історії Землі було розділено на різні часові інтервали по найважливішим подіям, які тоді відбувалися. Кордон між ерами фанерозою проходить по найбільшим еволюційним подіям - глобальним вимиранням. Палеозой відділений від мезозою найбільшим за історію Землі пермо-тріасовим вимиранням видів. Мезозой відділений від кайнозою крейдо-палеогеновим вимиранням.

ГЕОХРОНОЛОГИЧНА ШКАЛА



Сучасність - криця в геологічній історії Землі. Найдавніший знайдений мінерал датують періодом близько 4,4 мільярда років тому, тобто по суті ще догеологічною (в сучасному уявленні) епохою - **катархес**

ГЕОХРОНОЛОГІЧНА КАРТА УКРАЇНИ



ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

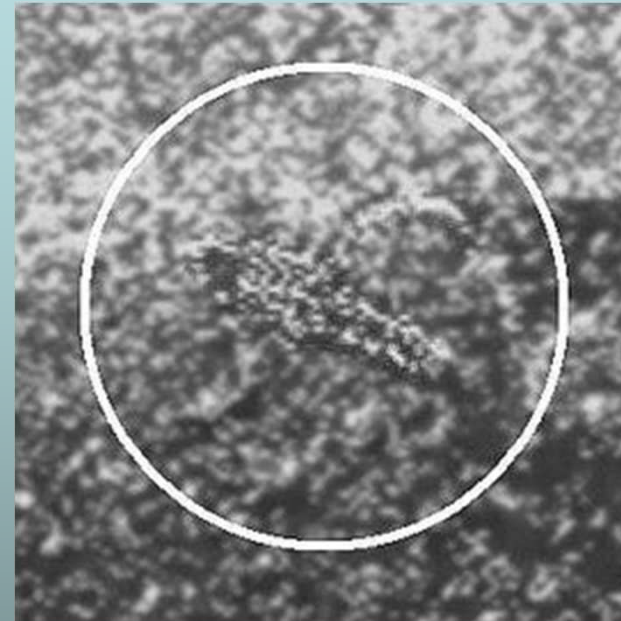
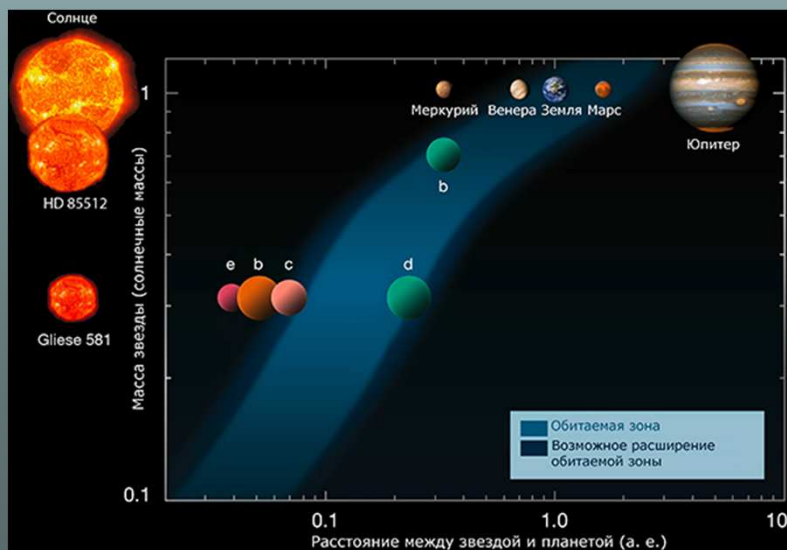
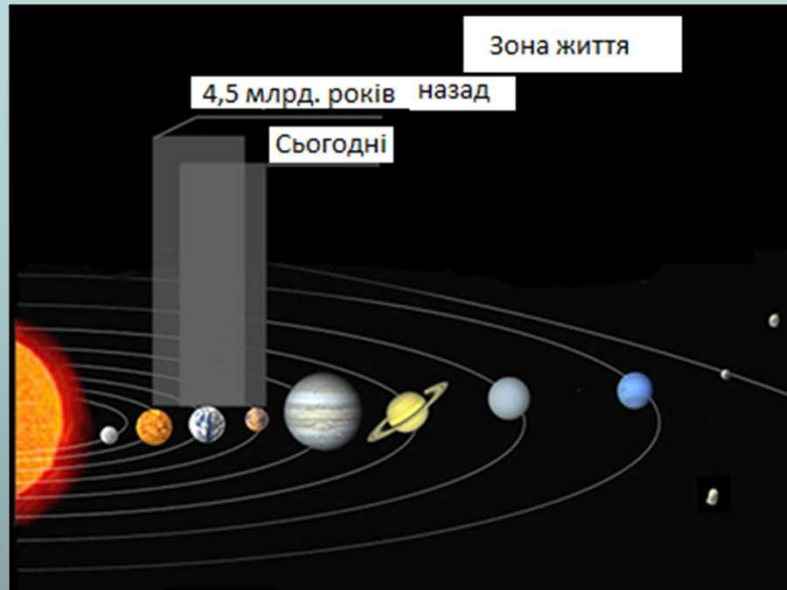
Для появи життя на Землі перш за все були необхідні наступні матеріальні основи - хімічні елементи-органогени і найважливіший з них - вуглець, здатний створювати різноманітні (декілька десятків мільйонів), рухомі, низькоелектропровідні, насичені водою, довгі скручені ланцюгоподібні структури. Сполуки вуглецю з воднем, киснем, азотом, фосфором, сіркою, залізом володіють хорошими каталітичними, будівельними, енергетичними, інформаційними й іншими властивостями. Кисень, водень і азот разом із вуглецем можна віднести до «цеглин» живого. Клітина складається на **70% із кисню, 17% - вуглецю, 10% - водню, 3% - азоту**. Усі ці елементи живого належать до найбільш стійких і поширених у Всесвіті хімічних елементів. Вони легко з'єднуються між собою, вступають у реакції і мають малу питому вагу. Їх сполуки легко розчиняються у воді. Для появи життя необхідні також певні фізичні й хімічні умови (температура, тиск, радіація, вода, солі і т.д.). Ці показники не повинні виходити за межі певного діапазону значень, поза якими життя стає неможливим.

Сучасне природознавство має у своєму розпорядженні точні знання про різні процеси і явища нашого світу. Проте цих знань виявляється недостатньо для достовірного опису появи життя на Землі. Сьогодні ми можемо упевнено стверджувати тільки те, що розвиток природи носить направлений характер, що виражається в наростанні складності й упорядкованості речовини і її структур у Всесвіті. *Життя - одна з найвищих відомих людині форм упорядкованості речовини, яка може виникнути тільки після досягнення Всесвітом певної стадії еволюції, що розвивається, і лише в таких її локальних системах, де попередній розвиток підготував необхідні умови для такого високого рівня впорядкованості речовини. У принципі такі умови можуть виникнути в багатьох локальних системах, на багатьох планетах, що утворилися біля зірок певного типу.* Але поки ми знаємо тільки одне місце у Всесвіті, де є життя - це наша планета Земля.

ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

- Наша планета – знаходиться у зоні життя (**зоні златовласки**) у Сонячній системі, тому вона найкращим чином підходить для зародження життя. *Вік Землі вважається рівним 4,6 мільярдам років, а перші осадові породи, що свідчать про появу крупних водоймищ, заповнених рідкою водою, датуються віком 3,8 мільярдів років, хоча деякі учені відносять його ще далі, вважаючи рівним 4 мільярдам років.*
- На Землі поступово виникли атмосфера і гідросфера - моря, океани і таке ін. Виникли вони за рахунок дегазації лав, що виплавлялися з верхньої мантії при інтенсивному вулканізмі.
- Не дивлячись на те, що об'єми океанів і атмосфери весь час росли, вони і сьогодні складають малу частину маси планети. *Океани разом із льодовиками складають одну чотирьохтисячну, а атмосфера - одну мільйонну частину маси Землі.* Ми маємо всі підстави вважати, що при дегазації вулканічних лав на поверхню Землі поступали перш за все пари води і газоподібні сполуки вуглецю, сірки, азоту.
- Спочатку атмосфера була такою тонкою, що парниковий ефект був малим. При цьому середня температура поверхні Землі була близька до 15 °С. А при такій температурі всі пари води повинні були конденсуватися, за рахунок цього й утворилися океани.
- *Первинна атмосфера не містила вільного кисню*, оскільки його не містили ті гази, які викидалися при виверженні вулканів. Це міркування підтверджує і аналіз бульбашок газу, виявлених у протоархейських породах. 60% цих газів складала вуглекислота, інше - сполуки сірки, аміаку, інші оксиди вуглецю. Що стосується води первинного океану, то дослідники сходяться на тому, що його склад був близький до сучасного. Цьому є немало доказів. Але так само, як і в первинній атмосфері, в первинному океані вільного кисню не було.

ЗОНА ЖИТТЯ



«Скорпіон» на знімку поверхні Венери, що зроблений супутником «Венера-13». Існує гіпотеза, що життя може існувати навіть у неймовірно жорстких умовах Венери (тиск у поверхні досягає 93 атм, температура - 750 К (475 °C)).

Зона життя у сонячній системі та системі зірки Gliese 581

ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

- Таким чином, вільний кисень, а значить, і хімічний склад сучасної атмосфери і вільний кисень океану не були присутні при народженні Землі як небесного тіла, а є результатом життєдіяльності первинної живої речовини.
- Для побудови будь-якої складної органічної сполуки, що входить до складу живих тіл, потрібен невеликий набір блоків-мономерів (низькомолекулярних з'єднань): **29 мономерів описують біохімічну будову будь-якого живого організму**. Ця будова складається з **амінокислот** (із них побудовані всі білки), **азотних сполук** (складові частини нуклеїнових кислот), **глюкози** - джерела енергії, **жирів** - структурного матеріалу, що йде на побудову в клітині мембран і що запасє енергію.
- **Після того як вуглецеві сполуки утворили «первинний бульйон», могли організовуватися біополімери - білки і нуклеїнові кислоти, що мають властивості самовідтворення**. Необхідна концентрація речовин для утворення біополімерів могла виникнути в результаті осідання органічних сполук на мінеральних частинках, наприклад, на глині або гідроокисі заліза, які утворювали мул водоймищ. Крім того, органічні речовини могли утворити на поверхні океану тонку плівку, яку вітер і хвилі гнали до берега, де вона збиралася в товсті шари. У хімії відомий також процес об'єднання споріднених молекул у розбавлених розчинах.
- У початковий період формування нашої планети води, що просочують земний ґрунт, безперервно переміщали розчинені в них речовини з місць їх утворення в місця накопичення. Там формувалися протобіонти - системи органічних речовин, що здатні взаємодіяти з навколишнім середовищем, тобто рости і розвиватися за рахунок поглинання з навколишнього середовища різноманітних багатих енергією речовин. Далі утворюються мікросфери - кулясті тіла, що виникають при розчиненні і конденсації абіогенно-одержаних білковоподібних речовин.

ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

- На підтвердження можливості абіогенного синтезу були проведені наступні досліди. Впливаючи на суміш газів електричними розрядами, що імітують блискавку, і ультрафіолетовим випромінюванням, учені одержували складні органічні речовини, що входять до складу живих білків. Органічні сполуки, що грають велику роль в обміні речовин, були штучно одержані при опромінюванні водних розчинів вуглекислоти. Були штучно синтезовані амінокислоти і прості нуклеїнові кислоти. Цими експериментами було доведено, що абіогенне утворення органічних сполук у Всесвіті могло відбуватися в результаті взаємодії теплової енергії, іонізуючого і ультрафіолетового випромінювань і електричних розрядів.
- *Початком життя на Землі прийнято рахувати появу нуклеїнових кислот, здатних до відтворення білків.* Перехід від складних органічних речовин до простих живих організмів наукою поки не встановлений. Теорія біохімічної еволюції пропонує лише загальну схему. Відповідно до неї між коацерватами (згустками органічних речовин) могли шикуватися молекули складних вуглеводнів, що приводило до утворення примітивної клітинної мембрани, що забезпечує коацерватам стабільність. В результаті включення в коацерват молекули, здатної до самовідтворення, могла виникнути примітивна клітка, здатна до росту.
- Наступним кроком в організації живого повинне було бути утворення мембран, які відмежовували суміші органічних речовин від навколишнього середовища. З їх появою і виходить клітка - «одиниця життя», головна структурна відмінність живого від неживого. Всі основні процеси, що визначають поведінку живого організму, протікають в клітинах. Тисячі хімічних реакцій відбуваються одночасно для того, щоб клітина могла одержати необхідні живильні речовини, синтезувати спеціальні біомолекули і видалити відходи.

ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

- Синтез білка здійснюється в цитоплазмі клітини. Майже в кожній з клітин людини синтезується понад 10000 різних білків. *Величина клітин - від мікрометра до одного метра* (у нервових клітин, що мають відростки). Клітини мають різне призначення (нервові, м'язові і т. ін.). Більшість з них мають здатність відновлюватися, але деякі - не відновлюються.
- Сьогодні вже не викликає сумнівів гіпотеза В.І. Вернадського, який припустив, що життя відразу виникло у вигляді примітивної біосфери. Він був правий у тому, що тільки різноманітність видів живих організмів могла забезпечити виконання всіх функцій живої речовини в біосфері. Жива речовина - це вся сукупність живих організмів нашої планети. *Біосфера зовнішня геологічна оболонка Землі, що утворює у її поверхні плівковий шар. Це - системне утворення, що включає живу речовину планети і місце її існування, перетворене нею.* Саме таке розуміння біосфери було запропоноване В.І. Вернадським. Він же вперше намалював панораму історичного розвитку біосфери і показав роль живої речовини в процесі еволюції Землі, невіддільність еволюції біосфери від геологічної історії планети.
- Вернадський довів, що *життя є найпотужнішою геологічною силою, яку цілком можна порівняти як за енергетичними витратами, так і по зовнішнім ефектам з такими геологічними процесами, як горотворення, виверження вулканів, землетруси і таке ін. Життя не просто існує в навколишньому середовищі, але активно формує це середовище, перетворюючи його «під себе».* Вернадський виділив *біогеохімічні функції життя*, що відповідають за це. До них відносяться: *газова* - поглинання і виділення кисню, вуглекислого газу і ін.; *окислювальна* - утворення карбонатів, сульфідів, з'єднань з азотом, сіркою, фосфором, залізом, марганцем і ін.; *відновна* - десульфонування, денітрифікація і т.ін.; концентрація і виділення солей кальцію; концентрація фосфору, калію, бору, азоту, сірки, кальцію, натрію, цинку в ґрунтах і осадових породах; синтез і руйнування органічної речовини. *І сьогодні ми можемо сміливо говорити, що все обличчя сучасної Землі, всі її ландшафти, всі осадові породи, метаморфічні породи (граніти, гнейси, що утворюються з осадових порід), запаси корисних копалини, сучасна атмосфера є результатом діяльності живої речовини.*

ПОЯВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

•Сліди найдавніших організмів виявлені в крем'янистих пластах Західної Австралії, вік яких, а отже, і вік останків життя оцінений **3,2 - 3,5 мільярдів років**. Це нитчасті і округлі мікроорганізми, що мінералізувалися, приблизно десятка різних видів, що нагадують, найпростіші бактерії і мікроводорості. Організми, мабуть, мали внутрішні структури, в них були присутні хімічні елементи, з'єднання яких були здатні здійснити фотосинтез. Виявлені найдавніші організми нескінченно складні в порівнянні з найскладнішим з відомих органічних сполук неживого (абіогенного) походження. Немає сумнівів, що це не найбільш ранні форми життя і що існували їх стародавні попередники. Витоки життя йдуть в той «темний» перший мільярд років існування Землі як планети, який не залишив слідів в її геологічній історії. Так, є дані, що відомий біогеохімічний цикл вуглецю, пов'язаний з фотосинтезом в біосфері, істотно стабілізувався більше 3,8 мільярдів років тому. А це дозволяє вважати, що **фотоавтотрофна** біосфера існувала на нашій планеті не менше 4 мільярдів років тому. Але за всіма даними цитології і молекулярної біології, **фотоавтотрофні організми були вторинними в процесі еволюції живої речовини**. Автотрофному способу живлення живих організмів повинен був передувати **гетеротрофний** (споживання як їжа інших організмів), як більш простий. Автотрофні організми, що будують своє тіло за рахунок неорганічних мінеральних речовин, мають пізніше походження.

•Найдавніше життя, ймовірно, існувало як гетеротрофні бактерії, що одержували їжу і енергію від органічного матеріалу абіогенного походження, що утворилося ще раніше, на космічній стадії еволюції Землі. Виходячи з цього неважко собі уявити, що **початок життя як такий відсовується ще далі, за межі кам'яного літопису земної кори, тобто більш ніж на 4 мільярди років тому**.

•Враховуючи вищесказане, неважко дійти загального висновку про те, що **життя на Землі існує приблизно стільки ж часу, скільки існує сама планета**. Саме це мав на увазі Вернадський, коли говорив про вічність життя на Землі.

ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ

•Існування всіх живих організмів нерозривно пов'язане з навколишнім світом. В процесі своєї життєдіяльності живі організми не тільки споживають продукти навколишнього середовища, але і корінним чином перетворюють природу. У природознавстві вивчення життя як цілісного феномена в його тісному зв'язку з навколишньою природою одержало назву вчення про біосферу.

•Термін «*біосфера*» був введений в науковий обіг австрійським геологом *Едуардом Зюссом*, який мав на увазі під ним сукупність живих організмів, що мешкають на нашій планеті. У цьому його значенні поняття «біосфера» не брало до уваги зворотної дії біосфери на навколишнє середовище.

•Поступово, на основі спостережень, експериментів і дослідів, учені приходять до переконання, що *живі організми також впливають на фізичні, хімічні і геологічні чинники навколишнього світу*. Результати їх досліджень негайно позначилися при вивченні загальних проблем дії біотичних (живих) чинників на абіотичні (фізичні) умови. Так виявилось, наприклад, що склад морської води багато в чому визначається активністю морських організмів. Рослини, що живуть на піщаному ґрунті, значно міняють його структуру. Живі організми контролюють навіть склад нашої атмосфери. Всі ці приклади свідчать про наявність зворотного зв'язку між живою і неживою природою, в результаті якої жива речовина значною мірою міняє обличчя нашої планети. Таким чином, біосферу не можна розглядати у відриві від неживої природи, від якої вона, з одного боку, залежить, а з іншою сама впливає на неї. Тому *в сучасній науці під біосферою розуміється сукупність всіх живих організмів разом з місцем існування, в яке входять: вода, нижня частина атмосфери і верхня частина земної кори, населена мікроорганізмами*. Два головні компоненти біосфери - живі організми і їх їжа - безперервно взаємодіють між собою і знаходяться в тісній, органічній єдності, утворюючи цілісну динамічну систему.

ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ

- Розвиток біосфери Землі можна розглядати як послідовну зміну трьох етапів. *Перший етап - відновний* - почався ще в космічних умовах і завершився появою на Землі гетеротрофної біосфери. Можна припустити, що рання Земля спочатку була холодним тілом, оточеним розрідженою відновною атмосферою - сумішшю метану, аміаку, пари води, при загальному тиску не більше 1 - 10 мм рт. ст. Температура поверхні досягала приблизно $-50 - 60^{\circ} \text{C}$, так що вода крижаним покривом оточувала літосферу. Під дією сонячних і космічних частинок, що проникали через розріджену атмосферу, відбувалася її іонізація: атмосфера знаходилася в стані холодної плазми. Атмосфера ранньої Землі була насичена електрикою, в ній спалахували часті розряди. У таких умовах йшов швидкий і одночасний синтез різноманітних органічних сполук, у тому числі і вельми складного складу. Ці сполуки (як і ті, що потрапили на Землю у вже готовому вигляді з космосу) були відповідною сировиною, з якої на наступній стадії еволюції могли утворитися білки і нуклеотиди.
- Низька температура і холодна атмосфера плазми створювали умови для успішного протікання процесів полімеризації. Біополімери, що виникли, стали попередниками, тих, з яких потім будувалося життя. Їх утворення протікало в атмосфері, звідки вони випадали на крижаний покрив Землі, накопичуючись в ньому. В умовах гігантського природного холодильника вони добре зберігалися до кращих часів. Радіоактивне розігрівання надр Землі збудило тектонічну діяльність, запрацювали вулкани. Виділення газів ущільнило атмосферу, відсунувши межу іонізації в її верхні шари. Розтанув крижаний покрив, утворивши первинні водоймища. Розморожування активувало хімічну діяльність накопичених біополімерів, вуглеводів, жирів. Вони зазнавали самозбірки, утворюючи стабільні мікросфери (коацерватні краплі), відбувся стрибок, характерний для самоорганізації речовини, утворився протобіонт - молекула РНК, що відповідала відразу за дві основні функції живої системи: обмін речовин і відтворення матеріальних основ цієї системи.

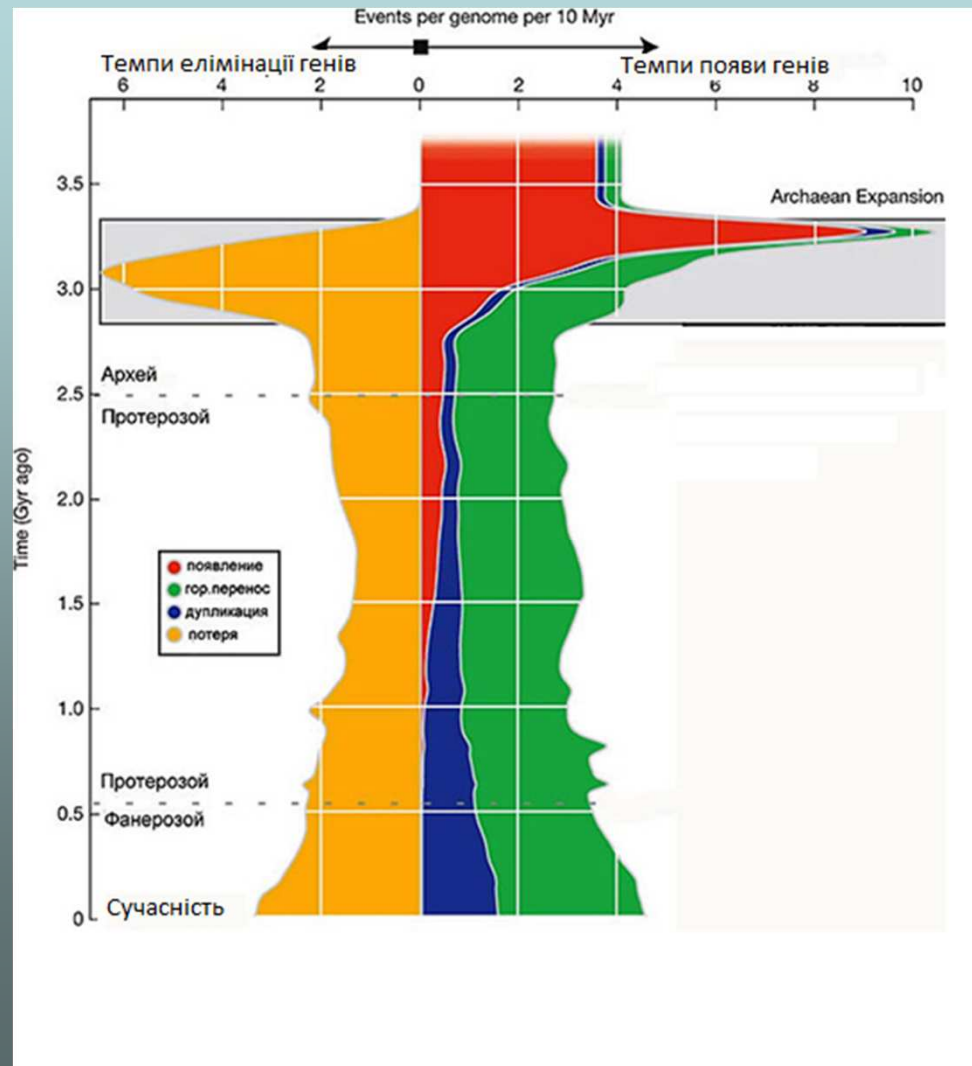
ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ

• На першому етапі розвитку біосфери з'явилися малі *одноклітинні анаероби* (організми, що живуть за відсутності кисню) і *прокаріоти* (організми, позбавлені оформленого ядра), фізіологічні процеси яких ґрунтувалися не на кисневому окисненні, а на бродінні. Вони починають виробництво вільного кисню, що приводить до окислювальних процесів на земній поверхні і в океані. Це були *гетеротрофні організми*, їжею для яких служили раніше накопичені органічні сполуки, розчинені у водах первинного океану. Таким чином, очевидно, первинна біосфера обмежувалася водним середовищем. Тривалість її існування була в геологічних масштабах невелика, оскільки первинні гетеротрофні організми, володіючи властивостями живої речовини, швидко розмножилися і, природно, швидко вичерпали свою живильну базу. Тому, досягнувши максимальної біомаси, вони повинні були вимерти або перейти до *автотрофного фотосинтетичного способу живлення*. Цей новий спосіб живлення сприяв швидкому розселенню організмів у поверхні первинних водоймищ. Але первинна поверхня Землі, позбавлена вільного кисню, піддавалася ультрафіолетовому випромінюванню Сонця. Тому, можливо, первинні фотохімічні організми використовували радіацію ультрафіолетової області спектру. Тільки після виникнення озонового екрану у зв'язку з появою вільного кисню як побічного продукту того ж фотосинтезу автотрофний фотосинтетичний процес почав використовувати випромінювання у видимій частині сонячного спектру. Первинні гетеротрофні мікроорганізми мешкали в стародавніх водоймищах лише деякий час. Потім їх відтіснили фотоавтотрофні організми, що створили вільний кисень, який став смертельною отрутою для гетеротрофів. Можна припускати, що в ранньому океані відбувалася боротьба між первинними і вторинними організмами, яка завершилася перемогою автотрофів. Це склало зміст другого етапу еволюції біосфери - слабоокислювального, головним результатом якого стала поява фотосинтезу.

ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ

- Але процес насичення атмосфери киснем йшов укрαι повільно. Так, *вміст кисню в одну тисячну частку сучасної концентрації був досягнутий лише близько 1,2 мільярдів років* тому. Але вже цього виявилось достатньо, щоб у складі біосфери(поки тільки в океані) з'явилися перші еукаріоти, життєдіяльність яких була основана на кисневому диханні. Починається окислювальний етап еволюції біосфери.
- У природознавстві існує поняття *«точка Пастера»* - така концентрація вільного кисню, при якій кисневе дихання стає ефективнішим (приблизно у 50 разів) способом використання зовнішньої енергії Сонця, чим анаеробне бродіння. *Після переходу через точку Пастера перевагу одержують організми, здатні до кисневого дихання.* Цей критичний рівень рівний приблизно 0,01 від сучасного значення. Цей рубіж Земля переступила, за різними даними, 2,5 - 0,6 мільярдів років тому. Потім, за яких-небудь пару сотень мільйонів років, насиченість атмосфери Землі киснем досягла сучасного рівня і відбувся справжній біологічний вибух - в океані з'явилися не тільки нові багатоклітинні еукаріоти, але і практично всі типи тварин.
- Близько 400 мільйонів років тому, *коли концентрація вільного кисню досягла 10 відсотків від сучасної, виник озоновий екран*, що оберігає живу речовину від жорсткого випромінювання, і життя вийшло на сушу. Як тільки це трапилось, різко зросла інтенсивність реакцій фотосинтезу, а отже, і надходження кисню в атмосферу. Завдяки цьому вже за 100 мільйонів років був досягнутий сучасний рівень концентрації кисню в 21 відсоток. Після цього ситуація з киснем стала близькою до рівноваги. За цей час з'явилися папороті, хвощі, насінні папороті. Розвиток наземної рослинності і утворення ґрунтів створили передумови для виходу на поверхню континенту тварин. В результаті еволюції рослинного світу в мезозойській ері виникли ліси хвойних і квіткових рослин, повні життя.
- В процесі формування біосфери, приблизно 1 млрд. років тому відбулося розділення живих істот на *два царства рослин і тварин*. Як вважають більшість біологів, їх потрібно робити на основі трьох ознак :
 - 1) по структурі клітин і їх здатності до росту;
 - 2) за способом живлення;
 - 3) по здатності до руху.

ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ



Динаміка темпів оновлення сімейств генів у організмів, що населяли Землю. Ми бачимо зміну швидкості появи, елімінації, дуплікації і горизонтального перенесення генів. *Найбільш бурхливі події відбувалися в період 3,3-2,85 млрд. років тому (це середній архей), який на графіку затоновані сірим кольором.* Швидку еволюцію життя у цей період називають *архейским вибухом життя.*

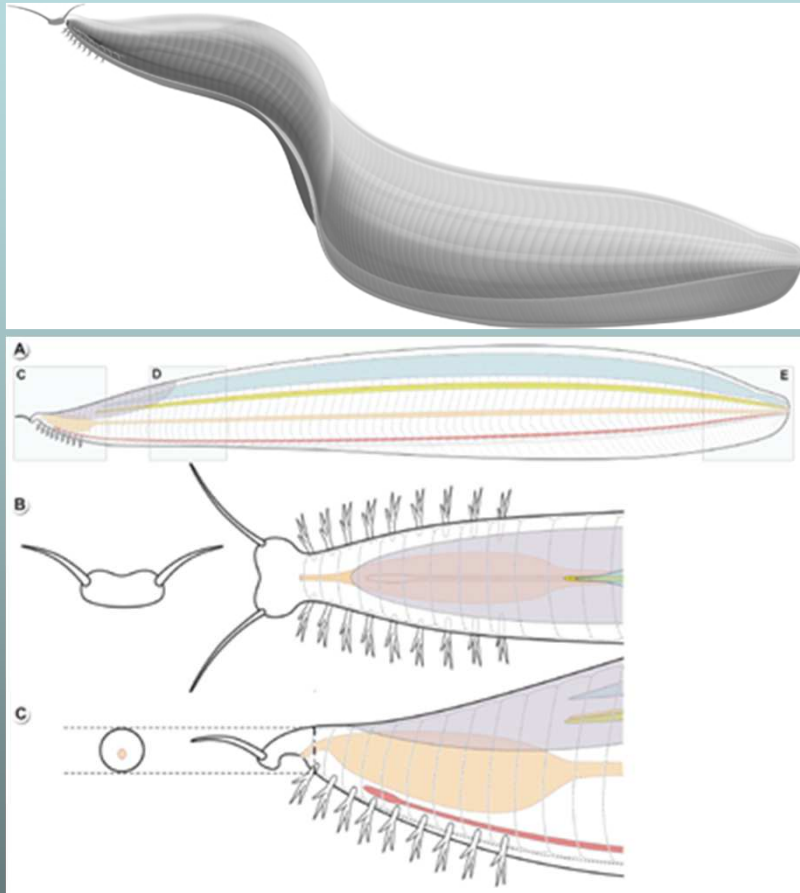
ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Праворуч на графіку (див. попередній рис.) показаний позитивний результат еволюції - утворення нових генів, дуплікація і горизонтальні переноси, а ліворуч негативний - зникнення генів із загального генного пулу. Ми бачимо, що в історії земного життя був особливий період, коли *швидкість появи нових генних сімейств різко зросла*, вслід за цим різко зросла і швидкість випадання генних сімейств. Цей період припадає на середній - верхній архей - 3,3-2,85 млрд. років тому. Автори назвали його «*Архейська експансія генів*».

Після події архейської експансії до середини протерозою поява нових сімейств стало зовсім незначною. Коли період бурхливих інновацій закінчився, поступово все більше значення стала набувати дуплікація генів; темпи цього процесу поступово збільшуються навіть і в сучасності. Роль горизонтальних переносів росла разом з нововведеннями, а з припиненням утворення de novo сімейств залишалася більш-менш постійною.

Все описане складається в логічну схему: *після появи життя на планеті організми почали швидко пристосовуватися до різних екологічних ніш, винаходячи для цього необхідні ферменти і реакції. Після накопичення достатнього масиву ферментативного інструментарію все зайве швидко вийшло з ужитку. Зате в подальшому зручніше було при необхідності перетасовувати вже наявний масив, ніж винаходити щось нове. Звідси і стійко висока роль горизонтальних переносів.* Але якщо виникала потреба в освоєнні нової екологічної ніші, надійніше було продублювати вже наявний ген і змінити його на догоду новим умовам, ніж винаходити новий ген, ще не пристосований ні до внутрішнього генного середовища, ні до зовнішнього абіотичного.

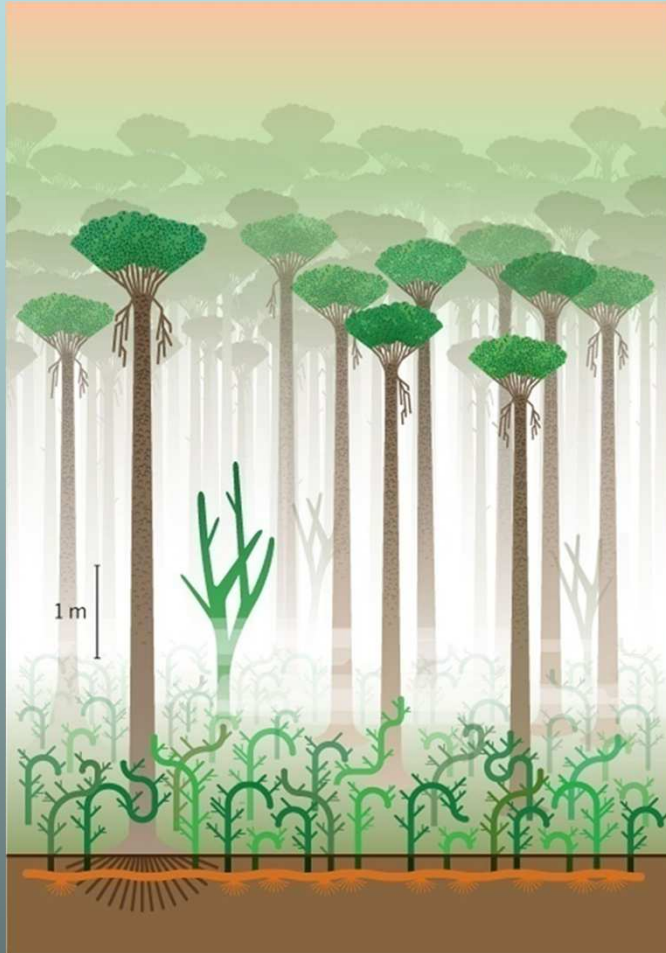
ПІКАЙЯ – ПЕРША ХОРДОВА



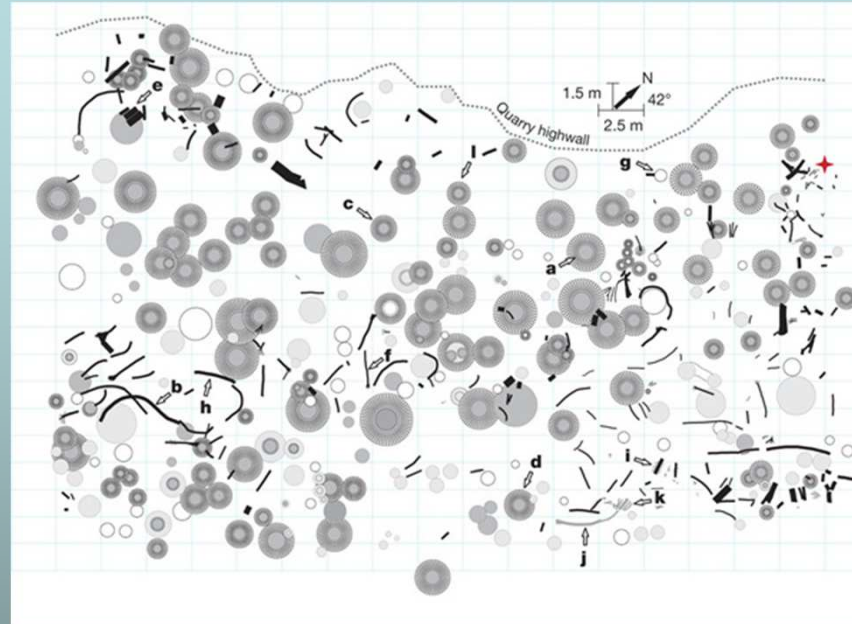
Анатомія пікаїї. Блакитний широкий поздовжній тяж - «спинний орган», зелений - хорда, жовтий - спинна нервова трубка, рожевий - кишечник (розширення спереду - глотка), темно-червоний - черевна кровоносна судина, світло-бузкова «шапочка» в передній частині тіла позаду голови - «переднедорзальне утворення».

• У відкладеннях кембрійського періоду знайдено відбитки різноманітних м'якотілих тварин, схожих на примітивних хордових. Більшість форм представлено одиничними екземплярами неповної схоронності, тому деталі їх будови і родинні зв'язки залишаються неясними. Лише по одному виду - *Pikaia gracilens* з середньокембрійських сланців Берджес (вік близько 505 млн. років) - за століття вивчення вдалося накопичити достатньо великий матеріал, що дозволив палеонтологам детально реконструювати анатомію цієї загадкової істоти. За багатьма ознаками пікаїя схожа на ланцетника, що дозволяє впевнено віднести її до типу хордових. Проте вона відрізняється від усіх відомих нижчих хордових рядом унікальних ознак. У пікаїї була маленька плоска голова з парою довгих щупалець і дев'ять пар гіллястих придатків на передньому кінці тіла (можливо, зовнішні зябра). У підстави придатків знаходилися невеликі отвори, що з'єднували порожнину глотки з навколишнім середовищем. Довге, сплюснене з боків тіло пікаїї з характерними для хордових м'язовими сегментами - міомерами - було зверху і знизу облямоване вузькими плавниками. **На думку дослідників, пікаїя є найбільш «базальним» (примітивним) з відомих на сьогоднішній день хордових.**

НАЙДАВНІШИЙ ЛІС НА ЗЕМЛІ



Перші дерева і, відповідно, перші ліси з'явилися на Землі в середньому девоні - 398-385 мільйонів років тому.



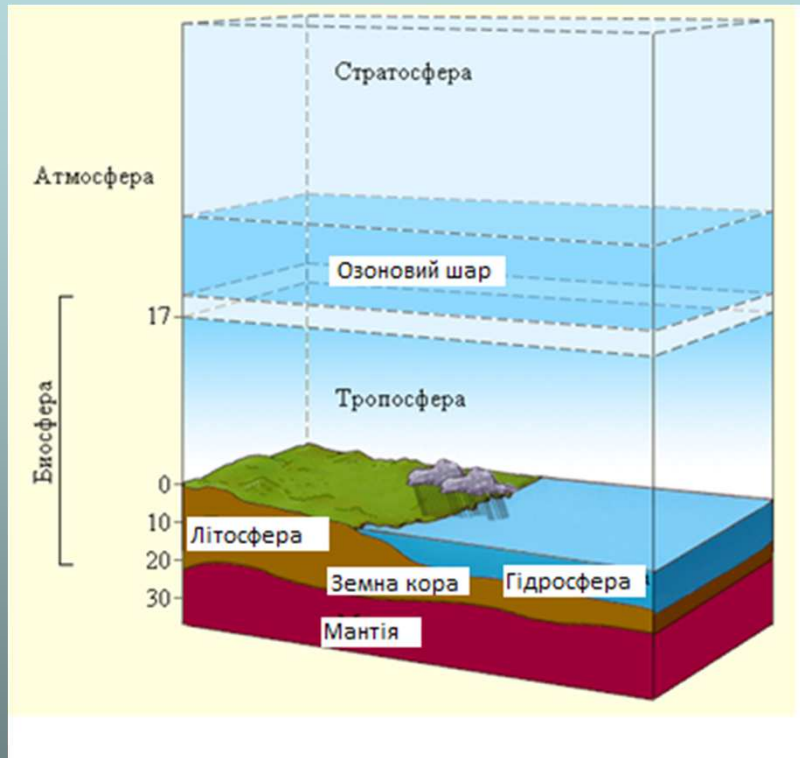
- Карта-схема, що показує розташування залишків копалин дерев так, як вони були розкриті при розчищенні кар'єра. Кругками показані залишки *Eospermatopteris*, чорними лініями - залишки стебел *Aneurophytalean*, сірими лініями - залишки плаунів (букви j і k).

- Схематичне зображення найбільш древнього (390 мільйонів років) лісу, відтворене на основі викопних решток в **околицях Гілбоа (Нью-Йорк, США)**. У цьому лісі було принаймні три яруси. Найвищі дерева (близько 6 м у висоту) - це *Eospermatopteris*, нижче - рослини з групи *Aneurophytales* (*Progymnospermopsida*) які утворюють різомі, що ростуть під землею, але виходять і на поверхню. Третя група (від якої найменше залишків) - представники плаунів (*Lycopsida*).

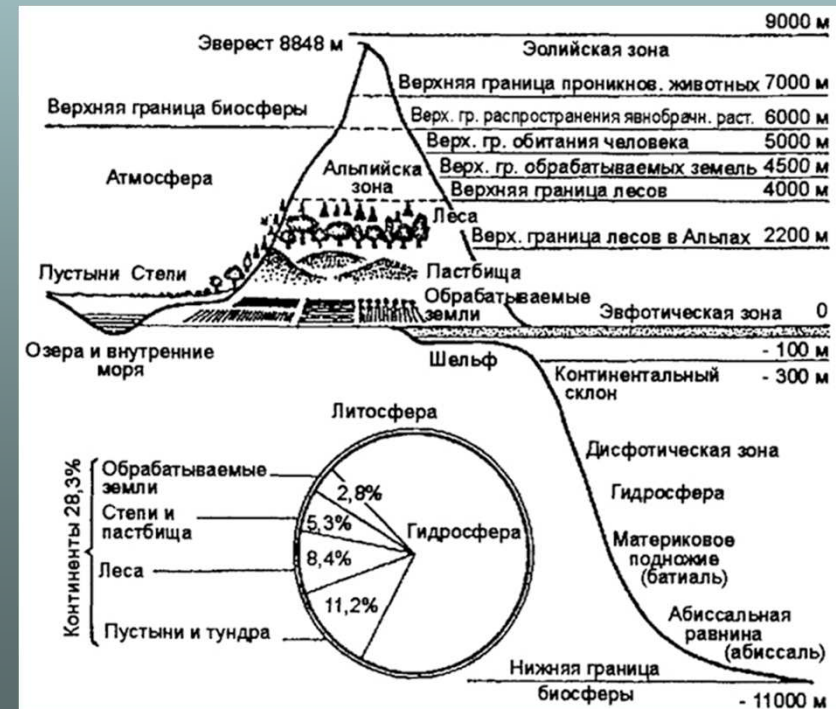
ФОРМУВАННЯ БІОСФЕРИ ЗЕМЛІ

- При цьому відносити живу істоту до однієї з цих частин слід не по кожній окремій ознаці, а по сукупності всіх трьох. Це пов'язано з тим, що між рослинами і тваринами існують перехідні типи, які володіють властивостями тієї і іншої групи. Так, наприклад, корали, молюски, річкова губка все життя залишаються нерухомими, як рослини, але за іншими ознаками їх відносять до тварин. Існують комахоїдні рослини, які за способом живлення відносяться до тварин. У біології відомі також перехідні типи живих організмів, які харчуються як рослини, а рухаються як тварини. В даний час на Землі існує 500 тис. видів рослин і 1,5 млн. видів тварин, зокрема хребетних - 70 тис., птахів - 16 тис., ссавців - 12540 видів.
- Формування і розвиток біосфери постає як чергування етапів еволюції, що перериваються стрибкоподібними переходами в якісно нові стани. В результаті при цьому утворювалися все більш складні і впорядковані форми живої речовини. У історії біосфери бували тимчасові зупинки прогресивного розвитку, але вони ніколи не переходили в стадію деградації, повороту розвитку назад. Щоб переконатися в цьому, досить подивитися на основні віхи в історії розвитку біосфери:
 - *- поява простих клітин-прокаріотів (клітини без ядра);*
 - *- поява значно більш організованих клітин-еукаріотів (клітки з ядром);*
 - *- об'єднання клітин-еукаріотів з утворенням багатоклітинних організмів, функціональна диференціація клітин в організмах;*
 - *- поява організмів з твердими скелетами і формування вищих тварин;*
 - *- від виникнення у вищих тварин розвиненої нервової системи до формування мозку як органу збору, систематизації, зберігання інформації і управління на її основі поведінкою організмів;*
 - *формування розуму як вищої форми діяльності мозку;*
 - *утворення соціальної спільноти людей - носіїв розуму.*
- Вершиною направленої розвитку біосфери стала поява в ній людини. В ході еволюції Землі на зміну періоду геологічної еволюції прийшов період геолого-біологічний, який з появою людини поступився своїм місцем періоду соціальної еволюції. Найкрупніші зміни в біосфері Землі наступили саме в цей період. Поява і розвиток людини ознаменувала перехід біосфери в ноосферу - нову оболонку Землі, область свідомої діяльності людства.

БІОСФЕРА ЗЕМЛІ



- Склад і будова біосфери Землі



ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

- Існування в живій природі систем з різним рівнем організації є результатом історичного розвитку. На кожному ступені еволюції органічного світу виникали специфічні для неї живі системи, що включали системи попередніх ступенів як складові частини. Поява людини, «*Homo sapiens*» (людини розумної) також стало ступенем розвитку органічного світу, оскільки якісним чином змінило біосферу. З появою людини основний спосіб еволюції живих організмів шляхом простого біологічного пристосування до навколишнього світу був доповнений розумною поведінкою і цілеспрямованою зміною навколишнього середовища.
- Мільйони років тому, на зорі формування людини як розумної істоти, її дія на природу нічим не відрізнялася від впливу на навколишнє середовище інших живих організмів. Проте, поступово людина стає вирішальним чинником перетворення органічного і неорганічного світу. Саме тому вивченню еволюційного процесу і ролі в ньому людини в сучасному природознавстві надається теоретичне і практичне значення.
- Одна з основних особливостей пізнання біологічних об'єктів полягає у вивченні їх попередньої історії, без якої неможливо глибоко зрозуміти суть життя як специфічної форми руху матерії. Створена на основі історичного методу еволюційна теорія, в завдання якої входить вивчення чинників, рушійних сил і закономірностей органічної еволюції, по праву займає центральне місце в системі наук про живе. Вона є узагальнювальною біологічною дисципліною. Практично немає таких галузей біології, для яких еволюційна теорія не давала б методологічних принципів дослідження.
- Еволюційна теорія виникла не відразу, а пройшла тривалий шлях становлення від наукової ідеї до наукової теорії. *Історія ідеї розвитку в біології розділяється на п'ять основних етапів.* Кожний з цих етапів пов'язаний з домінуванням певних світоглядних установок, накопиченням доказів самого факту еволюції, формуванням перших еволюційних уявлень, а потім і еволюційних концепцій, крупними відкриттями і узагальненнями у вивченні причин і закономірностей еволюції і, нарешті, створенням розвиненої, фактично обґрунтованої сучасної наукової теорії еволюції.

СТАНОВЛЕННЯ ІДЕЇ РОЗВИТКУ В БІОЛОГІЇ

- **Перший етап** охоплює період від античної натурфілософії до виникнення перших біологічних дисциплін в науці Нового часу. Він характеризується збором відомостей про органічний світ і пануванням креаціоніських (уявлення про створення всього світу і живого Богом) і наївно трансформіських уявлень про походження органічного різноманіття форм. Це був період передісторії еволюційної ідеї. Уявлення наївного трансформізму про самозародження живих істот, виникнення складних організмів шляхом випадкового поєднання окремих органів, при якому нежиттєздатні поєднання вимирають, а вдалі зберігаються (*Емпедокл*), раптовому перетворенні видів (*Анаксімен*) не можуть розглядатися навіть як прообраз еволюційного підходу до пізнання живої природи.
- Цікавіша концепція *Арістотеля*, який займався систематичним вивченням тварин і описав більше 500 видів, розташувавши їх в певному порядку: від найбільш простих до все більш складних. Намічена Арістотелем послідовність тіл природи починається з неорганічних тіл і через рослини рухається до прикріплених тварин - губкам і асцидіям, а потім до вільно-рухомих морських організмів. Так з'явилося перше уявлення про сходи живих істот.
- У всіх тілах природи Арістотель розрізняв дві сторони матерії, що володіє різними можливостями, і форму, під впливом якої реалізується дана можливість матерії. Також він розрізняв три види душі; *рослинну, або що живить*, властиву рослинам, тваринам і людині; *що відчуває*, властиву тваринам і людині; і *розумну*, якою наділена тільки людина.
- Впродовж всього періоду античності і Середньовіччя праці Арістотеля були основою уявленні про живу природу і мали безумовний авторитет.

СТАНОВЛЕННЯ ІДЕЇ РОЗВИТКУ В БІОЛОГІЇ

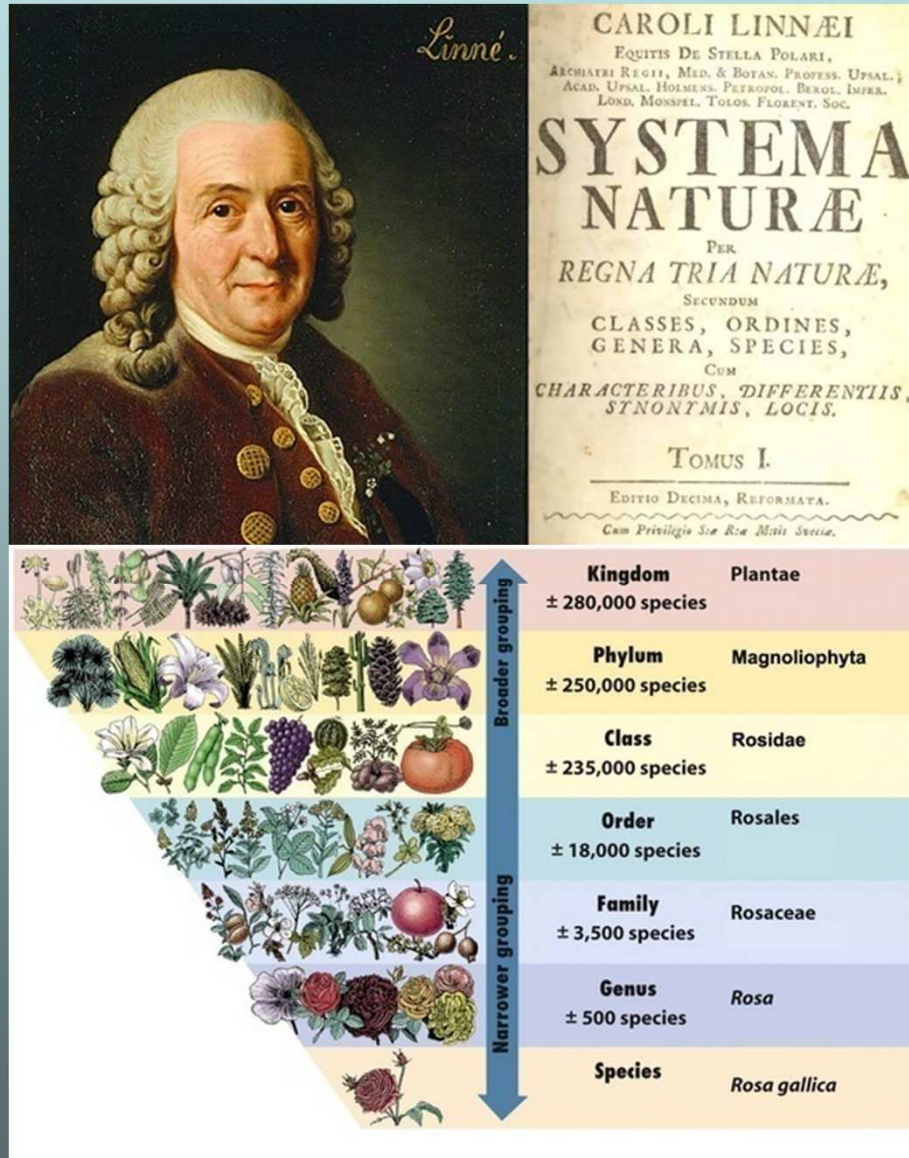
•Протягом цього періоду подібні погляди чудово уживались з міфологічними і релігійними уявленнями про те, що органічний світ і Всесвіт в цілому залишаються незмінними після божественного створення. Саме така була офіційна точка зору християнської церкви в Європі в середні віки. Характерною межею цього періоду є опис існуючих видів рослин і тварин, спроби їх класифікації, які в більшості своїй носили чисто формальний (наприклад, за абеткою) або прикладний (корисні - шкідливі) характер. Була створена безліч систем класифікацій тварин і рослин, в яких за основу довільно бралися самі різні ознаки.

•*Интерес до біології помітно посилюється в епоху Великих географічних відкриттів і розвитку товарного виробництва.* Інтенсивна торгівля і відкриття нових земель розширювали відомості про тварин і рослини. Потреба у впорядкуванні знань, що швидко накопичуються, привела до необхідності їх систематизації. Так почався другий період в історії ідеї розвитку. Він пов'язаний з систематизацією накопиченого матеріалу і побудовою перших таксономічних класифікацій. На зміну наївним уявленням трансформізму прийшла метафізична концепція незмінності видів. Розумом більшості біологів цього періоду володіли «природна теологія» і філософське вчення про незмінну суть речей.

•В цей час великий внесок в створення системи природи вніс видатний шведський природодослідник **Карл Лінней**. Він описав більше 8000 видів рослин, встановив одноманітну термінологію і порядок опису видів. Він об'єднав схожі види в роди, схожі роди - в ряди, а ряди в класи. Таким чином, в основу своєї класифікації він поклав принцип ієрархічності, тобто співвідлеглість таксонів –систематичних одиниць того або іншого рангу в біології. У системі Ліннея найкрупнішим таксоном був клас, найдрібнішим - вид. Це був надзвичайно важливий крок на шляху до встановлення природної системи. Лінней закріпив використання в науці бінарної, тобто подвійної, номенклатури для позначення видів. З тих пір кожен вид називається двома словами: перше слово означає рід і є загальним для всіх вхідних в нього видів, друге слово - власна видова назва.

•Лінней створив саму досконалу для того часу систему органічного світу, включивши в неї всіх відомих тоді тварин і всі відомі рослини. Правда, довільність у виборі ознак для класифікації привела його до ряду помилок.

КАРЛ ЛІННЕЙ



Карл Лінней (23 травня 1707 -10 січня 1778) — шведський природознавець: ботанік, зоолог і лікар — видатний учений XVIII століття, перший президент Шведської Академії Наук. У 1735 році у віці 28 років він став доктором медицини. В тому ж році опублікував свою основну працю під назвою «Система природи» («Systema Naturae»), що уславила його ім'я.

У своїй «Системі природи» Карл Лінней **вперше запропонував наукову класифікацію відомих тоді рослин і тварин**. Свого часу славетний учений Стародавньої Греції Аристотель описав 454 види тварин. Відтоді минуло два тисячоліття. Вчені виявили і вивчили велику кількість нових видів тварин. **Карл Лінней описав 4200 видів тварин і розділив їх на шість класів: ссавці, птахи, амфібії, риби, черви і комахи. Рослини він розділив на 24 класи.**

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ЛАМАРКА

•*Перша спроба побудови цілісної концепції розвитку органічного світу була зроблена французьким природодослідником Ж.-Б. Ламарком.* На відміну від багатьох своїх попередників теорія еволюції Ламарк спиралася на факти. Думка про непостійність видів, виникла у нього унаслідок глибокого вивчення будови рослин і тварин. У основу еволюційної теорії покладене уявлення про розвиток, поступовий і повільний, від простого до складного, і про роль зовнішнього середовища в перетворенні організмів.

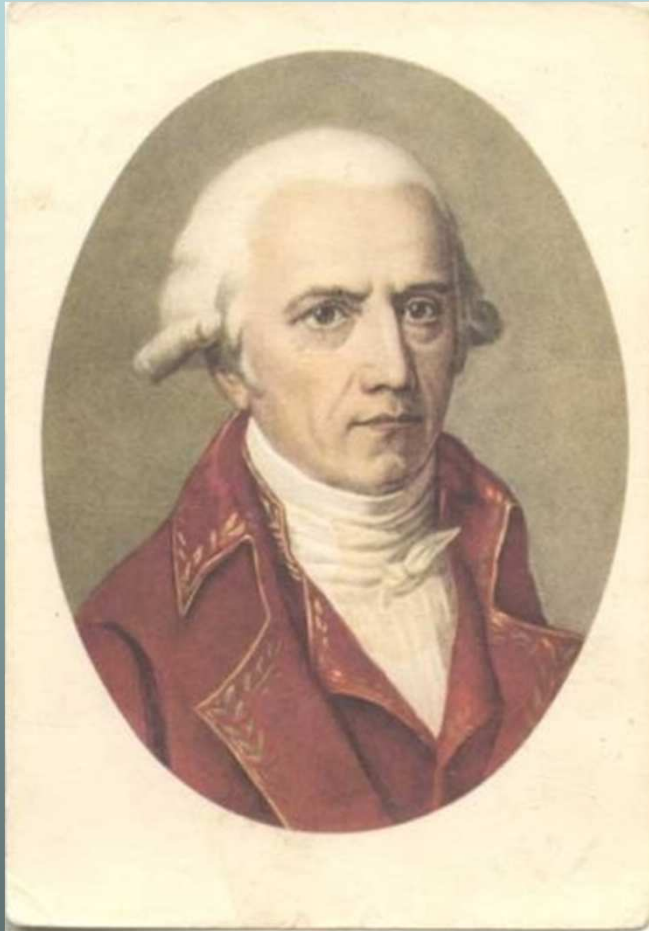
•Ламарк вважав, що перші організми, що самозародилися, дали початок всьому різноманіттю нині існуючих органічних форм. До цього часу в науці вже достатньо затвердилося уявлення про «сходи істот» як послідовного ряду незалежних, незмінних, створених творцем форм. У градації цих форм Ламарк бачив віддзеркалення історії життя, реального процесу розвитку одних форм з інших. *Розвиток від простих до самих довершених організмів - головний зміст історії органічного світу.*

•*Людина - теж частина цієї історії, вона розвинулась з мавпоподібних предків.* Це було справді революційне уявлення у той час (книга Ламарка «Філософія зоології» вийшла в 1809 р.)

•Описуючи різні класи тварин, Ламарк шукав перехідні форми між ними, хоч і припускався неминучої помилки через недостатній розвиток у той час порівняльної анатомії. Наявність таких проміжних видів повинна була служити головним доказом еволюції органічного світу. У змінності видів його переконували численні приклади зміни рослин і тварин під впливом окультурення і одомашнення, при переселенні організмів в інші житла з іншими умовами існування, а також факти міжвидової гібридизації.

•Звідси він зробив висновок, що *раз види мінливі, то реальних меж між ними в природі немає і видів як таких теж немає; природа є безперервним ланцюгом індивідумів, що змінюються,* які лише ради зручності учених виділяються в окремі групи - види.

ЖАН БАТІСТ П'ЄР АНТУА́Н ДЕ МОНЕ́ ЛАМА́РК



Таблиця 3. Уявлення Ж. Б. Ламарка про градації

VI	14. Ссавці 13. Птахи	Нерви сходяться у головному мозку, який заповнює увесь простір черепа; серце з двома шлуночками, кров гаряча
V	12. Плазуни 11. Риби	Нерви сходяться у головному мозку, який заповнює не весь простір черепа; серце з одним шлуночком; кров холодна
IV	10. Молюски 9. Вусоногі 8. Кільчаки	Нерви сходяться у головному або поздовжньо-вузловому мозку; дихання зяброве; кровообіг забезпечують артерії та вени
III	7. Ракоподібні 6. Павукоподібні 5. Комахи	Є нерви, які сходяться до поздовжньо-вузлового мозку. Дихання трахейне; кровообіг відсутній або недосконалий
II	4. Черви 3. Променисті	Немає ні поздовжньо-вузлового мозку, ні кровоносних судин; крім органів травлення є й інші внутрішні органи
I	2. Поліпи 1. Інфузорії	Немає ні нервів, ні судин і жодних внутрішніх спеціальних органів, крім органів травлення

• *Жан Батіст П'єр Антуан де Монé Ламарк* (1 серпня 1744 -18 грудня 1829) — французький вчений. **Він став першим біологом, який спробував створити цілісну теорію еволюції живого світу.** Сучасники не оцінили його теорію. Важливою працею Ламарка стала «Філософія зоології», яка побачила світ у 1809 році. Усіх тварин Ламарк поділив на шість рівнів, сходинок (чи «градацій») у залежності від складності їхньої організації. Найвіддаленіші від людини — інфузорії, найближчі — ссавці. Усім тваринам, згідно з цією теорією, притаманний рух від простого до складного, розвиток, переміщення до верхніх сходинок.

БІОЛОГІЧНА СИСТЕМАТИКА

царство — regnum

тип — phylum (у растений отдел - divisio)

клас — classis

загін (у рослин порядок) — ordo

сімейство — familia

рід — genus

вид — species

Будь-яка рослина або тварина повинна послідовно належати до всіх семи категорій. Часто систематики виділяють додаткові категорії, використовуючи для цього приставки під-(sub-), інфра-(infra-) і над-(super-), наприклад: підтип, інфраклас, надклас. Такі категорії обов'язковими не є, тобто при систематизації об'єкта їх можна пропустити. Крім того, часто виділяються і інші категорії: **розділ** (divisio) між підцарством і надтипом у тварин, **когорта** (cohors) між підкласом і надпорядком, **триба** (tribus) між підродиною і родом, **секція** (sectio) між підродів і видом, і таке ін. Часто такі категорії використовуються лише в систематиці якихось конкретних таксонів (наприклад, комах).



Приклад систематизації

- **Тип** - хордові
- **клас** - ссавці
- **загін** - хижі
- **сімейство** - вовчі
- **рід** - лисиці
- **вид** - лисиця руда, або звичайна

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ЛАМАРКА

- *Головною причиною еволюції Ламарк вважав властиве живій природі прагнення до ускладнення і вдосконалення своєї організації.* Воно виявляється в природженій здібності кожного індивіда до ускладнення організму. *Другим чинником еволюції він називав вплив зовнішнього середовища; поки вона не змінюється, види постійні, як тільки вона стає іншою, види також міняються. При цьому ознаки, набуті таким чином, успадковуються.*
- Залежно від організації живих істот *є дві форми пристосовної мінливості видів* під впливом зовнішнього середовища. Рослини і нижчі тварини прямо піддаються її дії, вона здатна дуже легко виліпити з організму потрібну форму. На вищих тварин середовище діє непрямым чином: зміна зовнішніх умов спричиняє за собою зміну потреб тварин і, отже, призводить до зміни звичок, направлених на задоволення цих потреб. У свою чергу це призводить до активного або пасивного функціонування тих або інших органів. Активніша діяльність відповідного органу спричиняє його інтенсивний розвиток, а пасивний стан - відставання. Саме так, в результаті вправ, у жирафа з'явилася його довга шия. Викликані таким чином зміни передаються по спадку, потомство продовжує розвиватися в тому ж напрямі, і один вид перетворюється на інший.
- Таким чином, для ламаркізму характерні дві основні методологічні ознаки: *телеологізм* – як *властиве організмам прагнення до вдосконалення*; і *організоцентризм* – *визнання організму елементарною одиницею еволюції, що прямо пристосовується до зміни зовнішніх умов і передає ці зміни в спадок.*
- Також важливо відзначити, що Ламарк особливо виділяв значення психічного чинника в процесах пристосування вищих тварин, які хочуть, прагнуть до своєї зміни.
- Теорія Ламарка не одержала визнання сучасників. У той час наука ще не була готова до ухвалення ідеї еволюційних перетворень. До того ж докази причин мінливості видів, що приводяться Ламарком, не були достатньо переконливими.

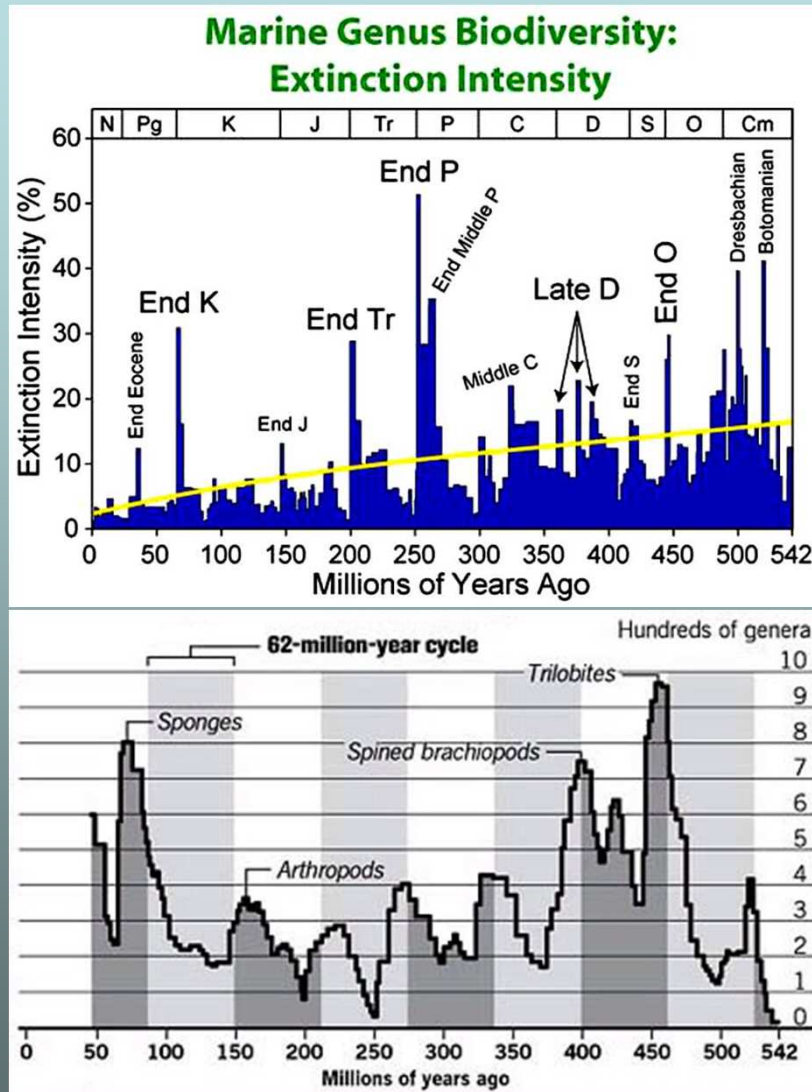
ТЕОРІЯ КАТАСТРОФ КЮВ'Є

- У першій чверті ХІХ століття були досягнуті великі успіхи в таких областях біологічної науки, як порівняльна анатомія і палеонтологія. Основні заслуги в розвитку цих областей біології належать французькому ученому **Жоржу Леопольду Кюв'є**, який прославився перш за все своїми дослідженнями в порівняльній анатомії. Він систематично проводив порівняння будови і функцій одного і того ж органу або цілої системи органів через всі розділи тваринного царства. Досліджуючи будову органів хребетних тварин, він встановив, що всі органи тварини є частинами єдиної цілісної системи. Внаслідок цього *будова кожного органу закономірно співвідноситься з будовою всіх інших*. Жодна частина тіла не може змінюватися без відповідної зміни інших частин. Це означає, що *кожна частина тіла відображає принципи будови всього організму*. Так, якщо у тварини є копита, вся його організація відображає травоїдний спосіб життя: зуби пристосовані до перетирання грубої рослинної їжі, щелепи мають певну форму, шлунок багатокammerний, кишечник дуже довгий і т. ін. Відповідність будови органів тварин один одному Кюв'є назвав **принципом кореляцій** (співвідносності). Керуючись принципом кореляцій, Кюв'є успішно застосував одержані знання в палеонтології. Він був у змозі відновити цілісну зовнішність давно зниклого організму по окремих фрагментах, що збереглися до наших днів.

ТЕОРІЯ КАТАСТРОФ КЮВ'Є

- В процесі своїх досліджень Кюв'є зацікавився історією Землі, земних тваринах і рослин. Він витратив довгі роки на її вивчення, зробивши при цьому багато цінних відкриттів. В результаті виконаної ним величезної роботи він дійшов до трьох безумовних висновків:
 - - *Земля впродовж своєї історії змінювала свою зовнішність;*
 - - *одночасно із зміною Землі змінювалося і її населення;*
 - - *зміни земної кори відбувалися і до появи живих істот.*
- Абсолютно безперечним для Кюв'є було переконання в неможливості виникнення нових форм життя. Він довів, що сучасні нам види живих організмів не змінилися принаймні, з часу фараонів. Оцінка віку Землі, що звідси витікала, здавалася на ті часи неймовірно великою. Але найістотнішим запереченням проти теорії еволюції Кюв'є вважав відсутність перехідних форм між сучасними тваринами і тими, залишки яких він знаходив при розкопках.
- Проте численні палеонтологічні дані неспростовно свідчили про зміну форм тварин на Землі. Реальні факти вступали в суперечність із біблійною легендою. Спочатку прихильники незмінності живої природи пояснювали таку суперечність дуже просто: вимерли ті тварини, яких Ной не узяв в свій ковчег під час всесвітнього потопу. Але ненауковість посилянь на біблійний потоп стала очевидною, коли був встановлений різний ступінь стародавності вимерлих тварин. Тоді Кюв'є висунув теорію катастроф. *Згідно цієї теорії причиною вимирання були крупні геологічні катастрофи, які, періодично відбуваючись, знищували на великих територіях тварин і рослинність. Потім території заселялися видами, що проникали з сусідніх областей.* Послідовники і учні Кюв'є, розвиваючи його вчення, пішли ще далі, стверджуючи, що катастрофи охоплювали всю Земну кулю. Після кожної катастрофи слідував новий акт божественного творіння. Таких катастроф і, отже, актів творіння вони налічували 27.
- Теорія катастроф набула широкого поширення. Проте цілий ряд учених висловлювали своє критичне ставлення до неї. Бурхливим суперечкам між прихильниками незмінності видів і прихильниками стихійного еволюціонізму поклала край глибоко продумана і фундаментально обґрунтована теорія утворення видів, створена Ч.Дарвіном і А.Уоллесом.

МАСОВІ ВИМИРАННЯ ВИДІВ



Масові вимирання видів на Землі підкоряються загадковому розкладу у 62 млн. років

Вимирання - явище в біології та екології, що полягає у зникненні всіх представників певного біологічного виду або таксону.

Вимирання може мати природні або антропогенні причини. При особливо частих випадках вимирання біологічних видів за короткий проміжок часу зазвичай говорять про масове вимирання. Найбільші вимирання **440 млн років тому - ордовицького-силурійські вимирання** - зникло більше 60% морських безхребетних;

364 млн років тому - девонське вимирання - чисельність морських організмів скоротилася на 50%;

251 400 000 років тому - «велике» пермське вимирання, найбільш масове вимирання із усіх відомих, що призвело до зникнення понад 95% всіх живих істот;

199 600 000 років тому - тріасове вимирання - в результаті якого вимерла, щонайменше, половина відомих зараз видів, що жили на Землі в той час;

65 500 000 років тому - крейдо-палеогенове вимирання - масове вимирання, знищило шосту частину всіх видів, у тому числі і **динозаврів**.

11 554 років тому - пізній дріас - вимирання льодовикової мегафауни

МАСОВІ ВИМИРАННЯ ВИДІВ

• **Життя це постійна боротьба за виживання.** Тварини повинні отримувати достатню кількість їжі та бути добре пристосованими до свого середовища. Організми, які погано пристосовані, у важкі часи голодують, не можуть розмножуватися, і врешті-решт вимирають повністю. Протягом усієї історії Землі життя постійно приймало нові форми, які відразу ж перевірялися на спроможність до виживання. **Коли клімат і навколишнє середовище різко змінювалося, багато тварин, які були погано пристосовані до нової ситуації, вимирали.** Ці події відбувалися з моменту виникнення першого життя на Землі. Всі тварини, що живуть сьогодні, є нащадками істот, які змогли пристосуватися до нових умов та вижити.

Розглянемо десятку найбільших вимирань в історії Землі.

•1. Едіакарське вимирання

• **В едіакарський період виникає перше складне життя на Землі.** Крихітні бактерії прокаріоти розвинулись у більш складні - еукаріоти, деякі з них згрупувалися разом, щоб збільшити свої шанси знайти їжу і не стати їжею для інших. Так виникли багатоклітинні організми. Більшість з цих дивних істот не залишили після себе слідів, тому що у них не було скелетів. Вони були м'якими і, як правило, згнивали, коли вмирили, не стаючи скам'янілостями. Тільки в особливих випадках організми, які залишилися лежати на м'якій грязі, затверділи і залишили відбиток у ній. Ці рідкісні скам'янілості свідчать про безліч дивних істот, які нагадують сучасних черв'яків і губок. Ці істоти залежали від кисню, як і ми. Рівень кисню в атмосфері Землі почав падати десь 542 000 000 років тому, в результаті сталося вимирання. **Загибло більше ніж 50% існуючих видів.** Точна причина зниження рівня кисню сьогодні невідома.

•2. Кембрійсько-ордовицьке вимирання

• В докембрійський період життя процвітало, залишаючись практично незмінним протягом мільйонів років, але в кембрійський період раптом почали з'являтися нові форми. Екзотичні ракоподібні і трилобіти стали домінуючою формою життя на землі та з'явилися у величезній кількості і різноманітності. Молюски і гігантські водні членистоногі, схожі на комах, наповнили моря. Ці істоти мали жорсткий екзоскелет. Життя процвітало до тих пір, **поки більше 40% всіх видів раптово зникли** 488 млн. років тому. Ті, що залишилися, піддалися змінам через зміни в суворому навколишньому середовищі. Що це було за зміну - ми не знаємо. Одна теорія говорить, що стався льодовиковий період. Крайні зміни температури можуть легко призвести до зникнення величезної кількості життя. Ця подія привела до виникнення кордонів між кембрійським і ордовицьким періодами. 78

МАСОВІ ВИМИРАННЯ ВИДІВ

•3. Ордовиксько-силурійське вимирання

•Життя увійшло у чергову стадію процвітання у ордовицькому періоді. Наутілоїдні (примітивні восьминоги), трилобіти, корали, морські зірки, вугри і щелепні риби заповнили море. Рослини почали освоювати поверхню землі. Життя поступово стає все більш складним. Однак 440 млн. років тому **більше 60% існуючих видів вимерло**. Це вимирання вважається другим за величиною в історії Землі. Вважається, що сплеск гамма-випромінювання з космосу зруйнував озоновий шар Землі і ультрафіолетове випромінювання Сонця знищило більшу частину рослин. Це викликало зниження рівня кисню в атмосфері. Деякі види вижили і життя на Землі продовжилося, однак знадобилося понад 300 мільйонів років, щоб Земля оговталася від цієї події.

•4. Лауська подія

•Після закінчення ордовицького періоду, почався силурійський період. Життя оговталася від останнього масового вимирання. Цей період був відзначений розвитком виду справжніх акул і костистих риб, більшість з яких виглядають цілком сучасно. Деякі членистоногі перетворилися на павуків і багатоніжок, які були пристосовані до сухого повітря і жили разом з наземними рослинами. З'явилися скорпіони, але продовжували домінувати трилобіти. 420 000 000 років тому відбулася раптова зміна клімату, яка викликала **вимирання 30% всіх існуючих видів**. Відповідно змінився вміст атмосферних газів. Причина цих змін невідома.

•5. Девонське вимирання

•Під час девонського періоду деякі риби еволюціонували. У них з'явилися міцні плавники, які дозволяли їм виповзати на сушу, в результаті виникли рептилії і амфібії. У морях з'явилися великі коралові рифи, там плавали риби і акули, деякі з яких їли трилобітів. Трилобіти втратили своє панування як домінуючі морські істоти. Вперше в історії Землі з'явилися складні наземні рослини. 364 млн. років тому **75% всього цього дивного** життя вимерло. Це було пов'язано зі змінами концентрації атмосферних газів.

МАСОВІ ВИМИРАННЯ ВИДІВ

•6. *Вимирання під час кам'яновугільного періоду*

•Після девонського періоду настав період карбону. Наземні тварини освоїли практично всю поверхню землі, де вони відкладали яйця, тепер вони не обмежувалися берегами морів та річок як раніше. З'явилися крилаті комахи. Акули пережили свій золотий вік, а трилобіти стали рідкістю. З'явилися гігантські дерева. Величезні тропічні ліси покрили більшу частину землі, збільшивши вміст кисню в повітрі до 35%. Для порівняння, сьогодні у повітрі 21% кисню. Хвойні дерева кам'яновугільного періоду залишаються практично незмінними і сьогодні. 305 000 000 років тому раптовий короткий льодовиковий період викликав зменшення рівня вуглекислого газу у атмосфері. Ліси вимерли, а разом з ними і багато наземних тварин. В той час на Землі *зникло майже 10% всіх видів*.

•7. *Пермсько-тріасове вимирання*

•Після того, як тропічні ліси зникли, на землі залишилися найуспішніші тварини. Це були види, які відкладали яйця на суші. Вони швидко домінували над іншими видами. 251 400 000 років тому сталася катастрофа, яку Земля ніколи раніше не бачила. Вона була викликана падінням метеориту або вулканічною активністю, воно докорінно змінили склад повітря. *Приблизно 95% усього життя вимерло*. Це найбільш масове вимирання в історії.

•8. *Тріасово-юрське вимирання*

•Після спустошення Землі до кінця пермського періоду рептилії знову стали домінуючим видом, однак з'явилися динозаври. Динозаври не домінували над іншими рептиліями, і на даному етапі вони були не набагато більшими за розміром, ніж коні. Але саме вони стали витоком тих відомих і страшних істот, яких ми так добре знаємо. 200 000 000 років тому у тріасі *вимерло 65% видів*, у тому числі всі великі сухопутні тварини. Багато динозаврів врятувалося завдяки малому розміру. Це вимирання, ймовірно, було викликано масовими виверженнями вулканів, виверженням величезної кількості вуглекислого газу і діоксиду сірки, в результаті чого раптово змінився клімат.

МАСОВІ ВИМИРАННЯ ВИДІВ

•9. Юрське вимирання.

•Під час юрського періоду птерозаври правлять небом, а динозаври правлять землею. Стегозаври, довгі і масивні диплодоки і справні мисливці аллозаври стали звичайними видами. Хвойні дерева, саговники, гінкго білоба і папороті утворили густі ліси. Менші динозаври еволюціонували у птахів. 200 мільйонів років тому **20% усього життя, в основному морські види, раптово вимерли**. Молюски і корали, які були широко поширені, майже повністю зникли. Ті хто вижив, поступово в найближчі мільйони років змогли заселити моря. Це вимирання не сильно вплинуло на життя наземних тварин, лише деякі види динозаврів вимерли. Причиною цього стало те, що океанічні тектонічні плити раптово опустилися і утворили глибокий океан. Більшість морських мешканців до цього були адаптовані до мілководдя.

•10. Крейдо-палеогенове вимирання.

•Це найбільш відоме вимирання тварин. Після того, як закінчився юрський період, динозаври продовжували розмножуватися і розвиватися протягом всього наступного крейдового періоду. Вони отримали форми, добре знайомі багатьом сьогодні з літератури. Число їх видів в юрський період перевищило кількість за всі періоди починаючи з ордовіка. З'являються маленькі гризуни, істоти, які були першими справжніми ссавцями. 65 мільйонів років назад величезний метеорит впав на Землю в сучасній Мексиці, викликавши глобальні зміни клімату, **та вбивши 75% всіх видів**. Цей метеорит містив високу концентрацію іридію, як правило, рідкісної на Землі речовини.

ВСЕСВІТНІЙ ПОТОП



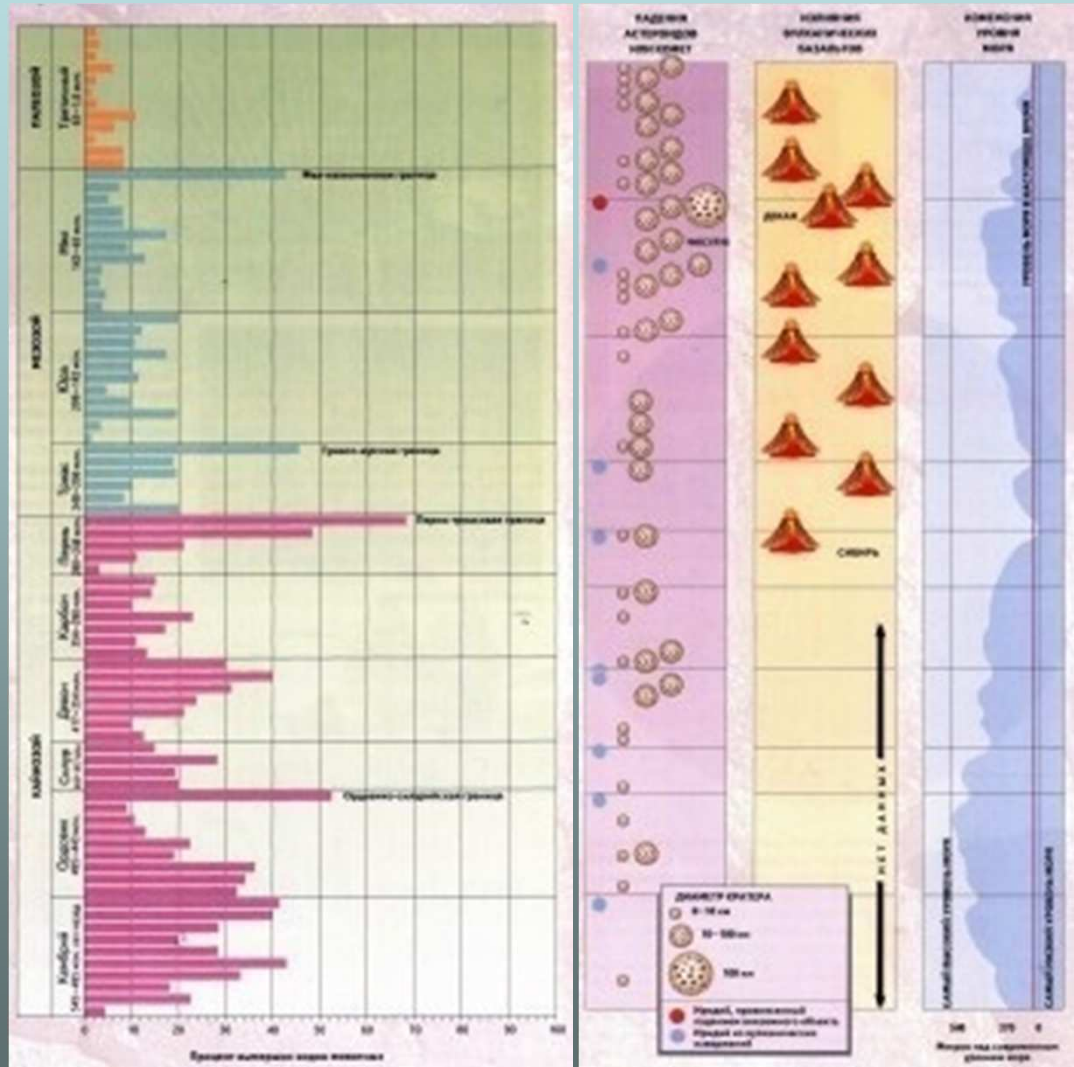
Глобальну катастрофу планетарного масштабу доніс до нинішніх днів Старий Завіт - це **Всесвітній потоп**.

Австрійські вчені з Віденського Університету Едіт Кристал-Тольман та Олександр Тольман з'ясували, що в **старозавітному переказі містилася значна частка істини**. Так, ними було опубліковано серйозне дослідження, в якому на підставі аналізу різних джерел була встановлена навіть точна дата події - **23 вересня 9545 до н.е.**

Сама подія, описується як **зіткнення з Землею комети**, основні уламки якої впали в океан, породивши небачений раніше жахливі землетруси, виверження вулканів, цунамі, урагани і зливи глобального масштабу, різке підвищення температури, лісові пожежі, загальне затемнення, потім похолодання. Внаслідок "потопу" зник ряд представників тодішньої наземної фауни, а первісні люди вціліли лише в печерах. Знайдено неспростовні докази, що через сильний землетрус, в результаті якого води Середземного моря почали надходити в Чорне море стався підйом рівня води в ньому на 140 метрів. Так само на підйом рівня води вплинув багатоденний дощ - в Біблійної історії саме він є винуватцем потопу. Вийшовши з берегів, Чорне море затопило обширі простори, збільшивши берегову лінію більш ніж у два рази.

В цей час вимерла мегафауна: мамонти, шерстисті носороги, печерний ведмідь та лев, арктодус, гігантські бобри та ленивці, діпротодон, моа та ін, усього ~30 видів.

ПРИЧИНИ ВИМИРАНЬ



З наведеної тут схеми видно, що масові вимирання нерідко відзначають собою кордон між геологічними епохами і збігаються з падіннями великих метеоритів, вулканічними виверженнями і зниженням рівня моря. Найбільше вимирання, на кордоні *пермі і тріасу*, відбулося в той час, коли рівень моря різко знизився, знищивши процвітаючу флору і фауну мілководних морів. В ту ж епоху в Сибіру відбувалися великі вулканічні виверження, що призвели до глобальної зміни клімату. Вимирання на кордоні *крейдо-палеогенової епохи пов'язане з пониженням рівня моря і вулканічними виверженнями*. Крім цього, в гірських породах цього часу знаходять шари іридію (рідкісного металевого елемента), який, очевидно, був занесений туди при падінні метеорита.

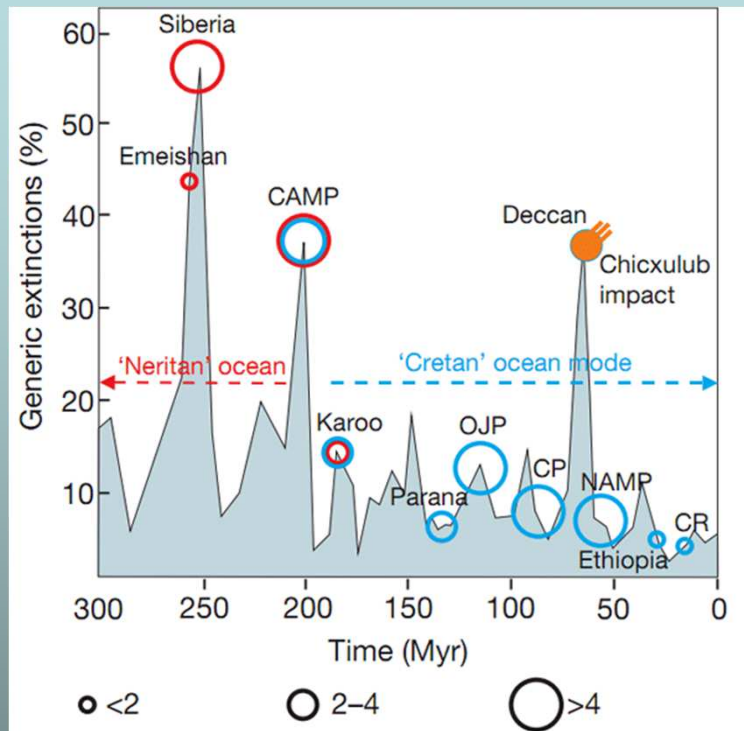
ВЕЛИКЕ ПЕРМСЬКЕ ВИМИРАННЯ



Наймасовіше за всю історію Землі вимирання живих істот сталося 251 000 000 років тому, наприкінці *палеозойської ери*. Понад 90% морських і 70% наземних видів назавжди зникли з лиця Землі - залишилися лише найбільш дрібні і просто влаштовані. У Світовому океані припинилося утворення рифів, до того поширених по всіх морях, а на суші - накопичення вугілля, оскільки зникли пишні ліси з деревовидних плаунів, папоротей і різних древніх голонасінних, що покривали її.

Гігантський потік мантії речовини піднявся з надр у північно-східній частині *Пангеї* - там, де зараз розташовувалася *Сибір*, і розплавив кам'яну оболонку. Виверження базальтової лави і попелу тривали кілька тисяч років. Саме застигли пласти базальтів утворюють характерний ступінчастий ландшафт багатьох височин Східного Сибіру, таких як плато Путорана. Базальтові лави покрили 7000000 квадратних кілометрів суходолу. З надр вивергнулося від 2 до 3 мільйонів кубічних кілометрів вулканічних матеріалів, в тому числі мільйони гігатонн двоокису вуглецю. Вміст останнього в атмосфері того часу підвищилася в 7-10 разів.

ВЕЛИКІ ВИМИРАННЯ

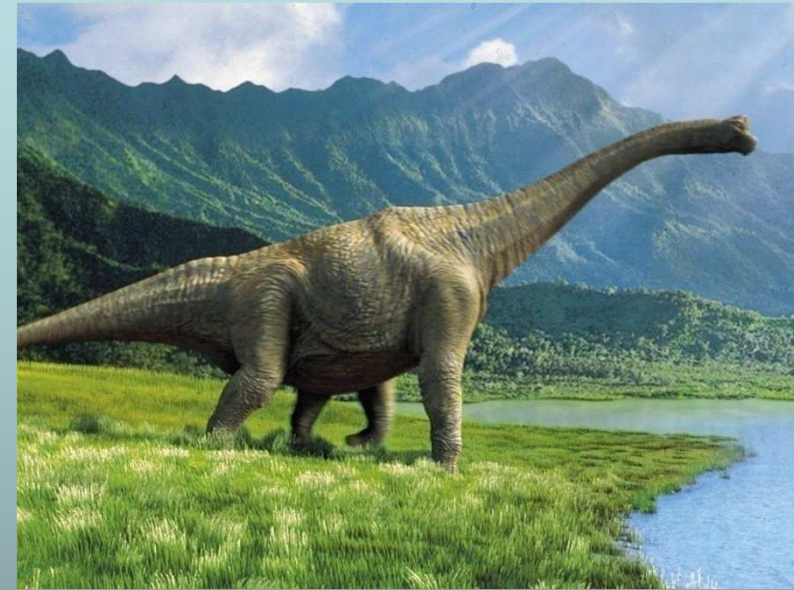


Швидкість вимирання родів тварин і рослин (блакитна область) і формування великих трапних провінцій (кола). Розмір кіл відображає обсяг трапу провінцій (в млн. куб. км). По горизонтальній осі - час в млн. років тому. Найбільше вимирання збігається з утворенням сибірських трапів (Siberia, великий червоний круг). Масове вимирання на рубежі триасу і юри (близько 200 млн. років назад) збігається з утворенням Центрально-Атлантичної магматичної провінції (CAMP).

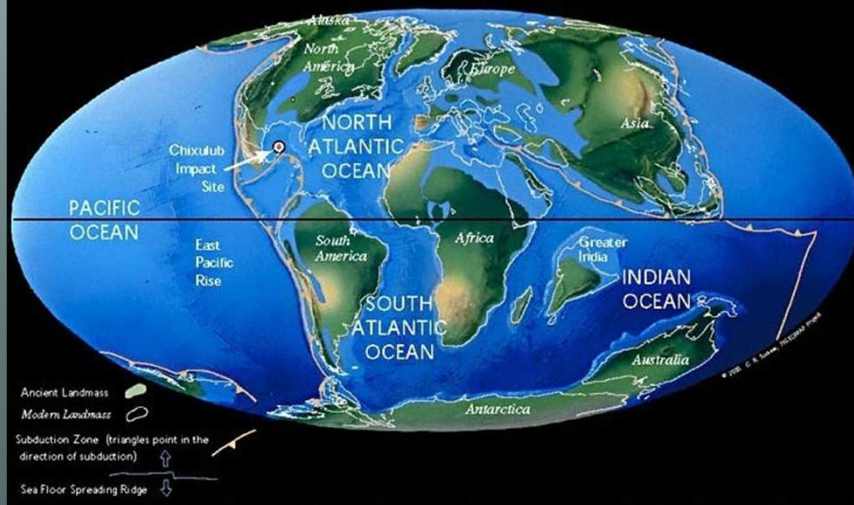
Відомо, що *періоди формування деяких інших провінцій трапу теж збігаються в часі з великими вимирання. Проте ця залежність чітко простежується лише до середини мезозойської ери* (трохи менше 200 млн. років тому). Наступні епізоди магматизму трапів, як правило, не викликали масових вимирань. Виняток - Деканське Трапп в Індії (Deccan traps), формування якого збігається з масовим вимиранням на рубежі мезозою і кайнозою 65500000 років тому (коли вимерли динозаври). Але в цей час на Землю впав ще й Чіксулубській метеорит, який, можливо, і став головною причиною вимирання.

Чому ж до середини мезозою магматизм трапів приводив до великих екологічних катастроф, а в наступні епохи реакція біосфери на такі події стала менш драматичною? На думку авторів, *причиною можуть зміни біогеохімічного циклу карбонату кальцію в Світовому океані* (Ridgwell, 2005) що відбулися саме в середині мезозою. Цю подію іноді називають «мезозойської морської революцією». В цей час домоглися еволюційного успіху і надзвичайно розмножилися планктонні одноклітинні організми з вапняним скелетом (форамініфери, кокколитофоріди). Для побудови скелета вони беруть CO_2 з води. Потім ці скелети тонуть, несучи знешкоджений парниковий газ на дно океану. В результаті океан перетворився на ефективний буфер, здатний згладжувати (в певних межах, зрозуміло) коливання рівня CO_2 в атмосфері і гідросфері. Таким чином, не виключено, що планктонні форамініфери і кокколитофоріди вже кілька разів рятували Землю від глобальних катастроф, подібних пермотріасовому вимиранню.

ВИМИРАННЯ ДИНОЗАВРІВ

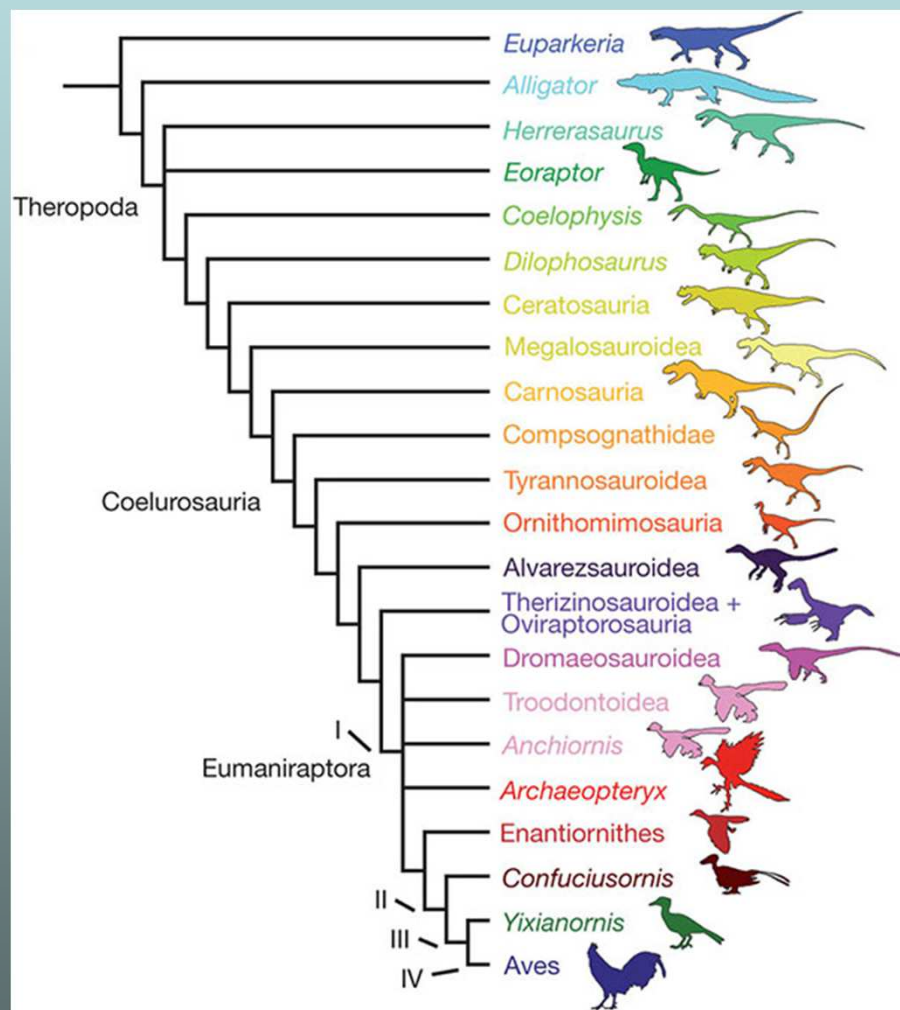


K/T Boundary 66 Ma



Кратер і особливі гірські породи, знайдені в районі півострова Юкатан, на території сучасної Мексики, свідчать про те, що там впав астероїд. У відкладеннях так же виявляється аномально висока концентрація хімічного елемента іридію. На карті точкою зазначено місце розташування ядерного вибуху потужністю в **два мільйони сучасних ядерних бомб - кратер Чиксулуб, утворений 65 мільйонів років тому.** Зіткнення Землі з метеоритом діаметром близько 10 км спричинило за собою глобальні зміни клімату, які погубили динозаврів і багато інші форми життя. Вимерло багато голонасінних рослин, всі динозаври, птерозаври, водні рептилії. Зникли амоніти, багато брахіопод, практично всі белемніти. В уцілілих групах вимерло 30-50% видів.

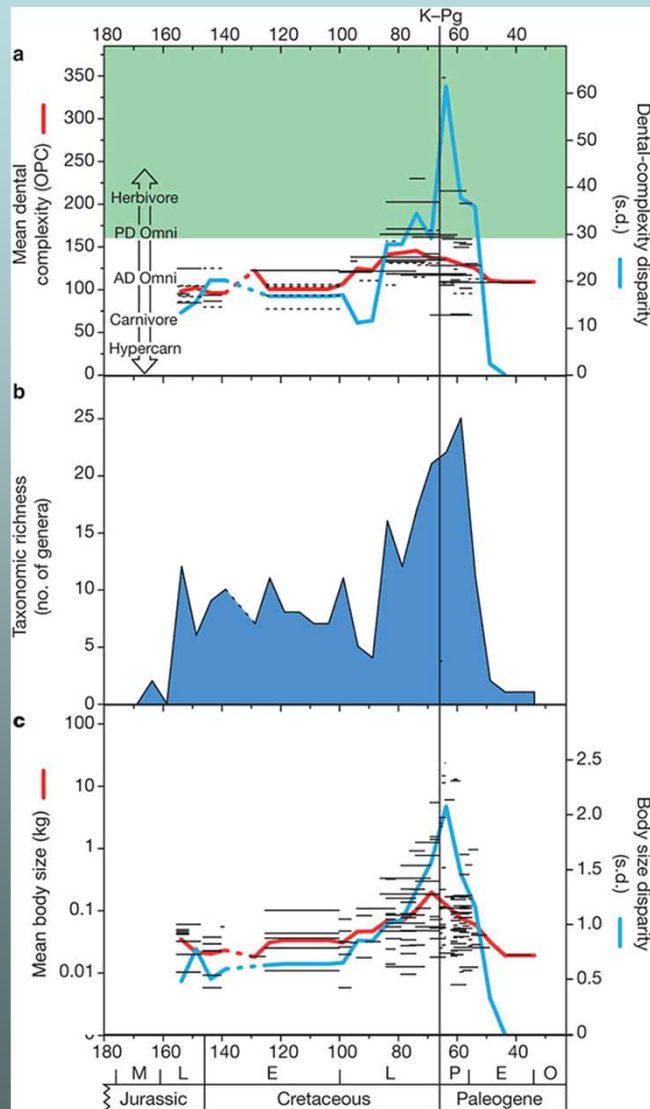
ДИНОЗАВРИ НЕ ВИМЕРЛИ!



• На сьогоднішній день практично загальновизнано, що *птахи походять від двоногих хижих динозаврів-тероподів*. Втім, за сучасними правилами біологічної систематики птахів краще називати не «нащадками динозаврів», а однією з груп динозаврів. Разом з крокодилами, птерозаврів і текодонтів динозаври (включаючи птахів) утворюють групу архозаврів.

Родинні зв'язки архозаврів. У верхній частині дерева - примітивні архозаври (текодонти) Euparkeria і алігатор; всі інші, включаючи сучасних птахів (Aves), відносяться до динозаврів-тероподів.

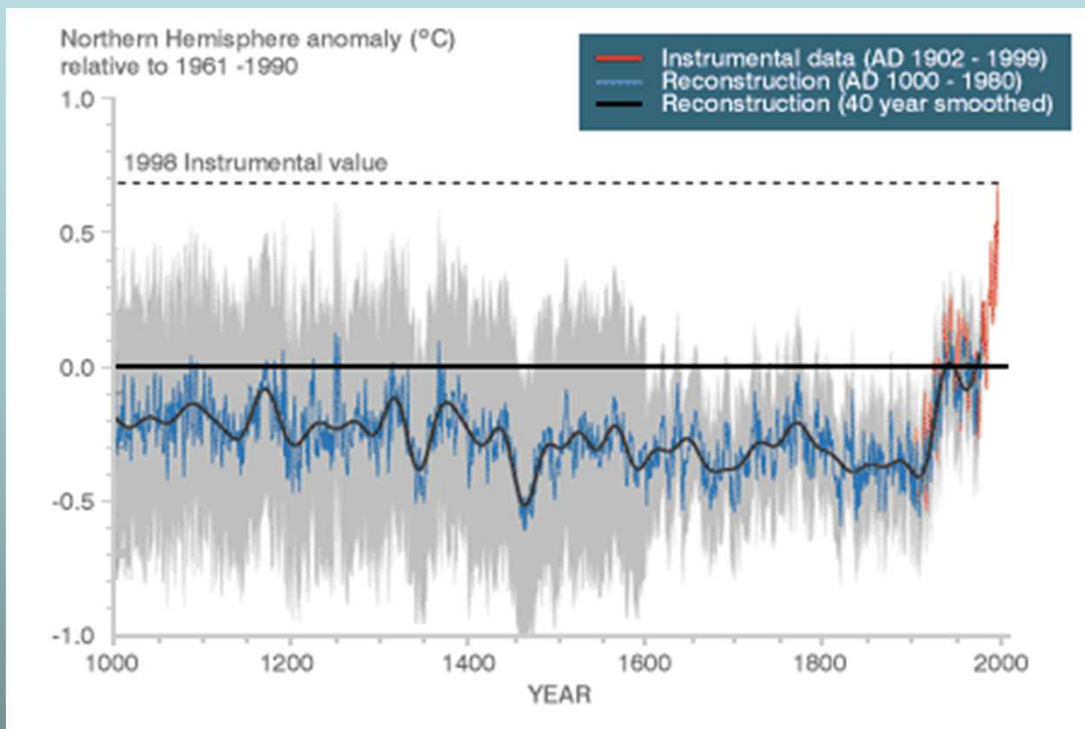
РОЗКВІТ ССАВЦІВ



•**Перші ссавці з'явилися майже одночасно з динозаврами в пізньому тріасі** (трохи більше 200 млн. років тому). Динозаври окупували ніші великих денних фітофагів і хижаків. Вважається, що до тих пір, поки динозаври не вимерли, ссавцям доводилося залишатися дрібними, нічними, переважно комахоїдними істотами на кшталт землерийок. Лише після того, як 65500000 років тому коли пануванню динозаврів прийшов кінець, ссавці змогли зайняти вивільнені ніші і «вирвалися» на великий розмірний клас. Втім, ця схема вірна лише в першому наближенні. Численні палеонтологічні знахідки останніх десятиліть показали, що мезозойські ссавці були куди більш різноманітними, ніж вважалося раніше. Особливе місце серед мезозойських звірів займають багатогорбкозубі. Цю групу по праву вважають однією з найуспішніших за всю історію класу ссавців. **Багатогорбкозубі з'явилися в юрському періоді** (близько 165 млн. років тому), пережили масове вимирання на рубежі мезозою і кайнозою, досягли максимального розквіту в палеоцені (рис. 1) і вимерли в пізньому еоцені близько 35 млн. років тому, не залишивши нащадків. Таким чином, вони проіснували 120 000 000 років - довше, ніж будь-який із сучасних загонів ссавців. За своєю будовою і способом життя багатогорбкозубі нагадували гризунів, але не були плацентарними. Ймовірно, вони народжували дуже маленьких, безпорадних дитинчат, подібно до сучасних сумчастих. У багатогорбкозубих, як і у гризунів, були потужні різці, відокремлені від щічних зубів (премолярів і молярів) проміжком - діастемою. На молярах розташовувалися два ряди горбків (звідси і назва загону), що служили для перетирання їжі.

Зміни морфологічного і таксономічного різноманіття Багатогорбкозубих в часі. По горизонтальній осі - час в млн. років. Вертикальної лінією показаний кордон крейди і палеогену (65,5 млн. років тому), коли відбулося масове вимирання. а - складність зубної поверхні (ОПС). Чорними горизонтальними лініями показані дані по окремих родах, червона лінія - середнє значення ОПС, синя - розкид, що характеризує різноманітність типів харчування. Зеленим зафарбована область значень ОПС, характерна для звірів, що віддають перевагу рослинній їжі (Herbivore - рослиноїдні, PD Omni - всеїдні з переважанням рослинної їжі). Незакрашена область відповідає переважанню тваринної їжі в раціоні. б - число пологів. с - маса тіла (кг).

МОЖЛИВІ КАТАСТРОФИ



•Глобальне потепління

•Астероїдна загроза

•DA14 відноситься до квазіспутників Землі - астероїдів, які періодично зближуються з нашою планетою, то відстаючи, то випереджаючи її. До нинішнього року було відомо чотири подібних квазіспутника Землі: (3753) Круїтні, 2003YN, (164207) 2004GU і 2010 SO16. Діаметр 2012 DA14 - близько 60 метрів. Це в два рази більше, ніж Тунгуський метеорит, що впав в 1908 році на Землю в сибірській тайзі. 15.02.2013 - астероїд DA14 пролетів всього в 27 тисячах кілометрів від нашої планети. Це нижче орбіт геостационарних супутників. 2012 DA14 виявиться ближче до Землі, ніж найбільш популярний зараз і грізний 200-метровий астероїд Апофіс. Очікується, що він пролетить над нами в 2029 році на відстані в 37 тисяч км.

89

СУЧАСНЕ ВИМИРАННЯ

- *Людство стимулює чергове вимирання на планеті Земля.*
- 22% відомих риболовецьких районів океану зараз зовсім виснажені або перевантажені надмірною експлуатацією ресурсів, а ще 44% перебувають на межі виснаження. *За останні 50 років людина знищила 70% світових лісів.* Близько 30% лісів, що ще залишилися на Землі роздроблені на частини і вирубка у них йде із швидкістю 50 квадратних миль в рік. Щорічно хімічна промисловість випускає більше 100 мільйонів тонн 70000 різних органічних сполук, та щорічно до асортименту додається близько 1 000 нових речовин. Лише мала частка цих хімікатів ґрунтовно перевірена на нешкідливість для людини і навколишнього середовища. *За останні 50 років людина знищила чверть всіх видів птахів, 11% решти - на межі вимирання.* Вимирання, крім того, загрожує 18% всіх видів ссавців, 5% риб і 8% видам рослин. Коралові рифи, найрізноманітніша з водних систем на Землі, страждають від виснаження рибних запасів, забруднення, епідемічних захворювань та зростання температури атмосфери. *В цілому 30% всіх відомих ресурсів планети витрачені, тим часом населення планети неухильно зростає.* Це всього лише поверховий погляд на проблему, якщо копати глибше то картина буде ще сумнішою.

ТЕОРІЯ МЮЛЛЕРА - РОДЕ

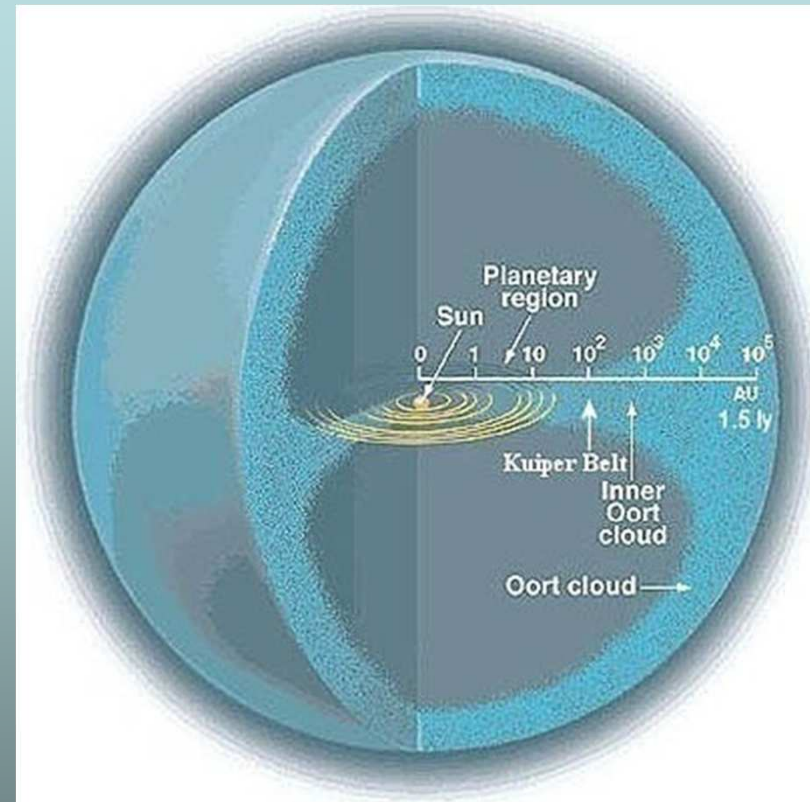
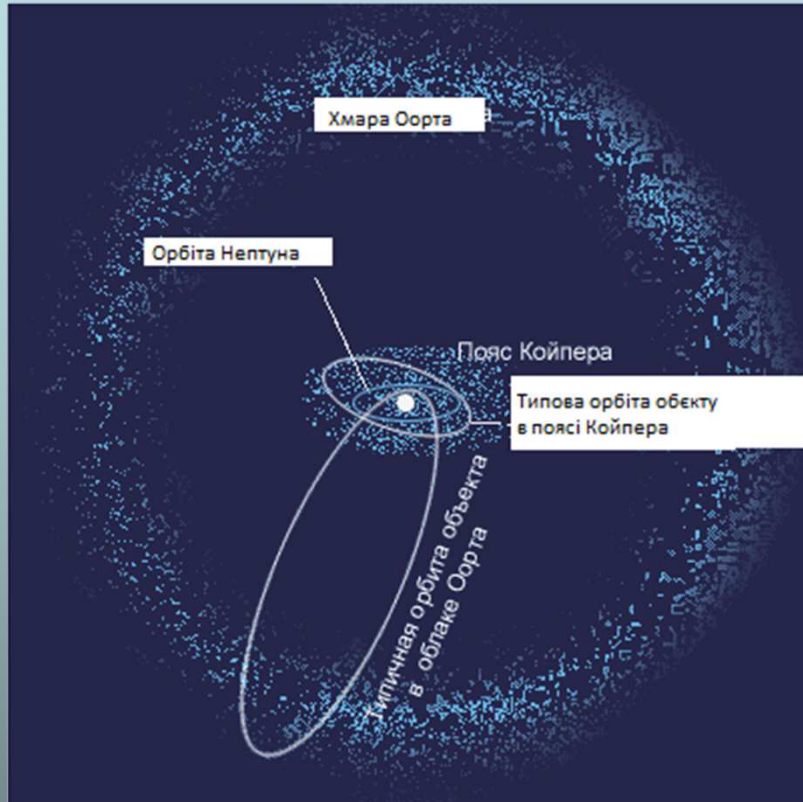
• Дослідження групи вчених з Каліфорнійського університету, опубліковане в березневому випуску журналу Nature за 2005 рік, що проводили "аналіз залишків копалин свідчить про те, що циклічний процес масового зникнення видів на Землі повторюються **кожні 62 млн. років з точністю плюс-мінус 3 млн. років**. Останній раз подія цього ряду - загибель динозаврів. Річард Мюллер (Richard Muller) і його учень Роберт Роде (Robert Rohde), автори опублікованої в Nature статті, висуюють такі можливі гіпотези.

• **По-перше**, вважають вони, періодичне проходження Сонячної системи через одну з **хмар газу в Галактиці** може викликати різкі кліматичні зміни на Землі, несумісні з існуванням деяких видів, що сформувалися в інших умовах.

• **По-друге**, Річард Мюллер ще двадцять років тому передбачив, що у Сонця може існувати супутник - карликова зірка, якій він дав ім'я "**Немезида**". Кожні 62 млн. років вона наближається до нас на відстань, достатню, щоб збурити орбіти комет у зовнішній частині Сонячної системи, так званій **хмарі Оорта**, і направити їх у внутрішні області Сонячної системи, піддаючи нашу планету справжньому "бомбардуванню". Правда, тут теж виникає безліч сумнівів - розрахунки показали, що існування подвійної системи з таким великим орбітальним періодом буде нестабільним.

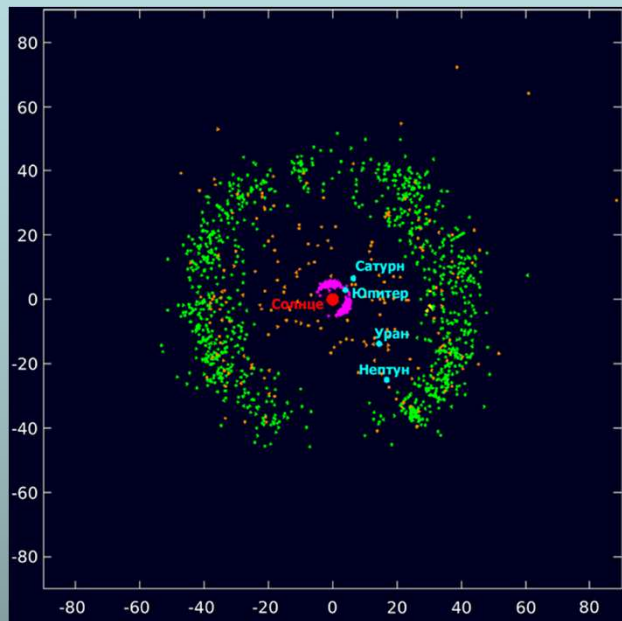
• Відповідно до **третьої гіпотези** можлива наявність геофізичного механізму невідомої поки природи, періодично породжує **сплеск вулканічної активності** на Землі. Масовий викид попелу може викликати різке і тривале зниження температури зі всіма наслідками, що звідси витікають. При цьому було звернено увагу на збіг тривалості крупно масштабних тектонічних циклів з часом обертання Землі і всієї Сонячної системи по галактичній орбіті.

ХМАРИ КОЙПЕРА І ООРТА



Хмара Оорта - гіпотетична сферична область Сонячної системи, яка служить джерелом довгоперіодичних комет. Відстань до зовнішніх кордонів хмари Оорта від Сонця становить від 50 000 до 100 000 а. о. - приблизно світловий рік. **Це дорівнює приблизно чверті відстані до Проксими Центавра, найближчої до Сонця зірки.** Пояс Койпера і розсіяний диск, дві інші відомі області транснептунових об'єктів, в за розмірами в тисячу разів менший ніж хмара Оорта. Зовнішня межа хмари Оорта визначає гравітаційний кордон Сонячної системи - сферу Хілла, яка дорівнює для Сонячної системи 2,0 св. рокам. Об'єкти в хмарі Оорта значною мірою складаються з водяних, аміачних і метанових льодів

ПОЯС КОЙПЕРА



Пояс Койпера (який іноді також називають поясом Еджворта - Койпера) - область Сонячної системи від орбіти Нептуна (30 а. о. від Сонця) до відстані близько 55 а. о. від Сонця. *Хоча пояс Койпера схожий на пояс астероїдів, він приблизно в 20 разів ширший і в 20-200 разів масивніший останнього.* Як і пояс астероїдів, він складається в основному з малих тіл, тобто матеріалу, що залишився після формування Сонячної системи. На відміну від об'єктів пояса астероїдів, які в основному складаються з гірських порід і металів, об'єкти поясу Койпера складаються головним чином з летючих речовин (льодів), таких як метан, аміак і вода.

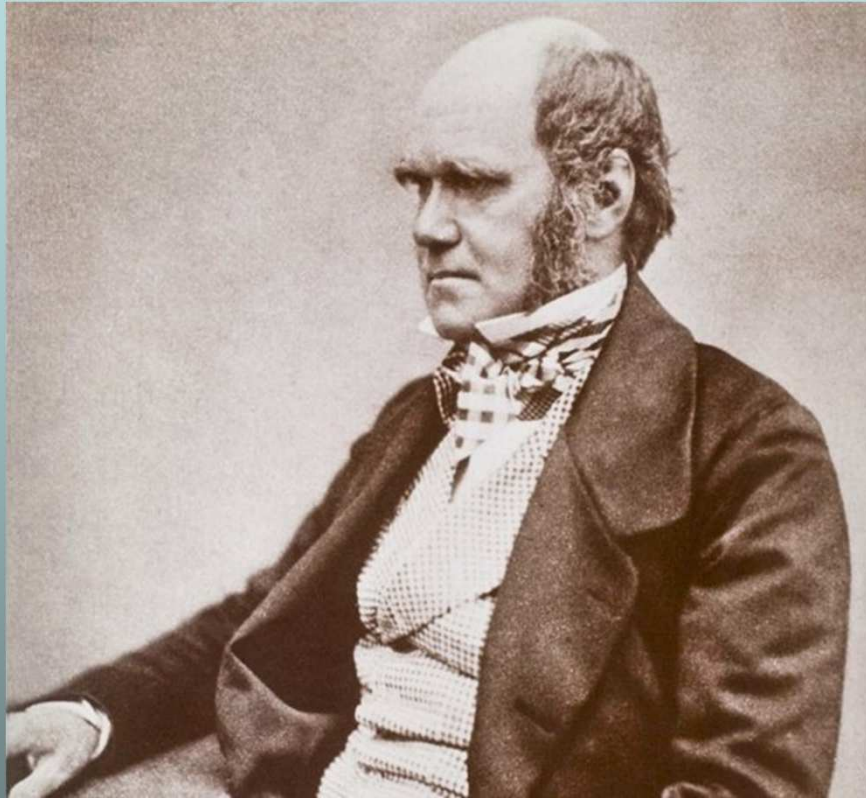
У цій області ближнього космосу знаходяться принаймні три карликові планети: **Плутон, Хаумеа і Макемаке**. Крім того, вважається, що деякі супутники планет Сонячної системи, такі як супутник Нептуна - Тритон і супутник Сатурна - Феба, також виникли в цій області. З тих пір, як в 1992 році пояс був відкритий, число відомих об'єктів поясу Койпера перевищило тисячу, і передбачається, що ще більше 70,000 об'єктів з діаметром більшим 100 км поки не виявлені.



ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ДАРВІНА

- У сучасній науці поняттям «еволюція», набуло дуже широкого поширення, але у всіх випадках його використання ***під еволюцією мається на увазі процес тривалих, поступових, повільних змін, які зрештою призводять до корінних, якісних змін, що завершуються виникненням нових організмів, структур, форм і видів.*** Саме таке розуміння терміну «еволюція» було дано англійським біологом ***Чарльзом Дарвіном*** в його еволюційній теорії.
- Ідея поступової і безперервної зміни всіх видів рослин і тварин висловлювалася багатьма ученими задовго до Дарвіна. Але з публікацією його праці «Походження видів шляхом природного відбору» в 1859 р. почався третій період становлення ідеї розвитку в біології. Це було революційним переломом в біології, який затвердив у ній остаточну ідею розвитку й перетворив її на провідний метод наукового пізнання.
- Для визнання еволюційної ідеї й затвердження дарвінізму, окрім фактичних доказів еволюції, потрібно було показати, як здійснюється еволюція і в чому полягають причини об'єктивної доцільності живого. Ці проблеми були вирішені Дарвіном у ***вченні про природний відбір.***
- Спираючись на величезний фактичний матеріал і практику селекційної роботи по виведенню нових сортів рослин і порід тварин, Дарвін дійшов висновку, ***що в природі будь-який вид тварин і рослин прагне до розмноження в геометричній прогресії.*** В той же час число дорослих особин кожного виду залишається відносно постійним. Отже, ***в природі відбувається боротьба за існування,*** у результаті якої накопичуються ознаки, корисні для організму й виду в цілому, а також утворюються нові види й різновиди. Решта організмів гине в несприятливих умовах середовища. Таким чином, ***боротьба за існування – це сукупність різноманітних і складних взаємин, що існують між організмами й умовами середовища.***
- Вона буває трьох типів:
- **міжвидова**, при якій успіх одного виду означає неуспіх іншого;
- **внутрішньовидова**, найбільш гостра внаслідок того, що у особин одного виду однакові потреби;
- **боротьба з несприятливими умовами зовнішнього середовища.**

ЧАРЛЬЗ РО́БЕРТ ДА́РВІН



На **Галапагоських островах** Дарвін помітив, що деякі представники родини в'юркових відрізняються від Чилійських, а також відрізняються один від одного на різних островах. Він також чув, що панцирі сухопутних черепах злегка відрізняються за формою в залежності від острова походження.

•Чарльз Роберт Дарвін (12 лютого 1809 - 19 квітня 1882) — англійський науковець, що створив сучасну теорію еволюції і запропонував разом з Альфредом Расселом Воллесом принципи природного добору. Після досліджень у Південній Америці і Галапагоських островах, де він був під час кругосвітньої подорожі на кораблі «Бігль» 1831—1836, Дарвін опублікував книгу «Походження видів шляхом природного добору», в якій пояснював еволюційний процес принципами природного й статевого добору. Його теорія викликала жорстокі суперечки, оскільки суперечила Книзі Буття Біблії .



ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ДАРВІНА

- *У боротьбі за існування виживають і залишають потомство індивідууми й особини, що володіють таким комплексом ознак і властивостей, який дозволяє найуспішніше конкурувати з іншими.* Таким чином, в природі відбуваються процеси відбірного знищення одних особин і переважного розмноження інших, природний відбір, або виживання найбільш пристосованих. При зміні умов зовнішнього середовища корисними для виживання можуть виявитися якісь інші ознаки. У результаті змінюється напрям відбору, перебудовується структура виду, завдяки розмноженню широко розповсюджуються нові ознаки, з'являється новий вид. Корисні ознаки зберігаються й передаються подальшим поколінням, оскільки в живій природі діє чинник спадковості, що забезпечує стійкість видів.
- Проте в природі не можна виявити двох однакових, абсолютно тотожних організмів. Все різноманіття живої природи є результатом процесу мінливості, тобто перетворень організмів під впливом зовнішнього середовища. *Дарвін вважав виникнення нового виду тривалим процесом накопичення корисних індивідуальних змін, що збільшуються з покоління в покоління.* Це пов'язано з тим, що життєві ресурси (їжа, місця для розмноження і т.д.) завжди обмежені. Тому *найзапекліша боротьба за існування відбувається між найбільш схожими особинами* і навпаки, між особинами, що розрізняються в межах одного виду, однакових потреб менше і конкуренція слабкіша. Тому *несхожі особини мають переваги в залишенні потомства.* З кожним поколінням відмінності стають усе більш вираженими, а проміжні форми, схожі між собою, вимирають. Так з одного виду утворюються декілька нових. Явище розбіжності ознак, що веде до видоутворення, Дарвін називав дивергенцією. Наростаюча дивергенція раніше схожих форм сприяє поступовому збільшенню різноманіття живого шляхом перетворення внутрішньовидових форм у види, видів в роди і т.д.
- Дарвін розрізняє два типи мінливості.
- **Перший** він називає індивідуальною або невизначеною мінливістю. Вона передається в спадок. **Другий** тип він характеризує як визначену або групову мінливість. До неї схильні ті групи організмів, які опиняються під дією визначеного фактора зовнішнього середовища. Пізніше у біології невизначені зміни стали називати *мутаціями, а визначені - модифікаціями.*

ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ДАРВІНА

- Тим самим, з погляду теорії еволюції, все різноманіття живої природи є результатом дії трьох взаємозв'язаних чинників: **спадковості, мінливості і природного відбору**. Ці висновки засновані на трьох основних принципах даної теорії:
- - *у будь-якій популяції, виді живих організмів спостерігається мінливість особин, що складають її;*
- - *деякі з цих змін успадковані від батьківських особин, одержані від народження, а інші є результатом пристосування до навколишнього середовища, придбані на протязі життя;*
- - *народжується, як правило, значно більше число організмів, ніж доживає до розмноження: багато хто гине на стадії насіння, зародків, пташенят, личинок. Виживають лише організми, які набули в спадок корисну в інших умовах життя ознаку.*
- Таким чином, Дарвін послідовно вирішив проблему детермінації органічної еволюції в цілому, пояснив доцільність будови живих організмів як результат природного відбору. Він показав, що ця доцільність завжди носить відносний характер, оскільки **будь-яке пристосування виявляється корисним тільки в конкретних умовах існування**. Цим він завдав серйозного удару ідеям телеології в природознавстві.
- Заслугою Дарвіна було визнання також того факту, **що під дію відбору можуть потрапити як окремі особини, так і цілі групи**. Тоді відбір зберігає ознаки і властивості, не вигідні для окремої особини, але корисні для групи особин або виду в цілому. Прикладом такого пристосування є жало бджоли (бджола, що ужалила, залишає жало в тілі).
- Слабким місцем в теорії Дарвіна були **уявлення про спадковість**, які піддавалися серйозній критиці противниками. Дійсно, якщо еволюція пов'язана з випадковою появою змін і спадковою передачею придбаних ознак потомству, то яким чином вони можуть зберегтися і навіть посилюватися надалі? Адже і в **результаті схрещування особин з корисними ознаками з іншими особинами, які ними не володіють, вони передадуть ці ознаки в ослабленому вигляді**. Врешті-решт протягом ряду поколінь випадково виниклі зміни повинні слабшати, а потім і зовсім зникнути. Сам Дарвін вимушений був визнати ці доводи переконливими, при тодішніх уявленнях про спадковість їх неможливо було спростувати. Ось чому в останні роки життя він став усе більше підкреслювати дію на процес еволюції направлених змін, що відбуваються під впливом певних чинників зовнішнього середовища. Надалі були виявлені й деякі інші недоліки теорії Дарвіна, що стосуються основних причин і чинників органічної еволюції. Ця теорія потребувала подальшої розробки і обґрунтування з урахуванням подальших досягнень усіх біологічних дисциплін.

ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ДАРВІНА

- Теорією Дарвіна завершилися тривалі пошуки природодослідників, які намагалися знайти пояснення багатьом рисам схожості, що простежувались у організмів, які відносяться до різних видів. Дарвін пояснив цю схожість спорідненістю і показав, як йде утворення нового виду, як відбувається еволюція - направлений процес, пов'язаний з виробленням пристосувань у міру прогресивного ускладнення будови і функцій тварин і рослин.
- З виникненням дарвінізму на перший план біологічних досліджень висувалися чотири завдання: 1) збір доказів самого факту еволюції; 2) накопичення даних про адаптивний характер еволюції і єдність організаційних і пристосовних ознак; 3) експериментальне вивчення взаємодії спадкової мінливості, боротьби за існування і природного відбору як рушійної сили еволюції; 4) вивчення закономірностей видоутворення й макроеволюції.
- У результаті розвитку еволюційної теорії в другій половині XIX століття основні успіхи були досягнуті в двох областях. *Остаточо був доведений принцип еволюції на фактичному матеріалі з різних галузей еволюційної біології, що сформувалися на основі об'єднання класичних наук (палеонтології, морфології, фізіології, ембріології, тематики) з дарвінізмом. Було показано, що еволюція має адаптивний характер, і покладений початок вивченню відбору як причини формування адаптації.* У результаті два корисні перед дарвінізмом завдання в цілому виявилися виконаними.
- Але яким не великим було значення цих досліджень для зміцнення еволюційної теорії, вони лише непрямым чином указували правильність дарвінівської концепції причин еволюції. Слід зазначити, що досить тривалий час слабкою була експериментальна база дарвінізму, яка дозволила б переконливо довести, що відбір дійсно є основною рушійною силою адаптаціогенезу і видоутворення. Ця обставина багато в чому сприяла формуванню широкого фронту антидарвінізму, що заперечував творчу роль відбору. Філософську основу всіх антидарвіністських концепцій склали найрізноманітніші течії від механістичного матеріалізму до об'єктивного ідеалізму. Антидарвінізм другої половини XIX - початку XX століття був представлений двома головними течіями: неоламаркізмом і концепціями телеогенезу. Боротьба з ними, а також пошук експериментальних доказів окремих чинників природного відбору склали вміст четвертого етапу в історії становлення ідеї розвитку в біології. Він тривав до початку 30-х років XX століття.

АНТИДАРВІНІЗМ

- Критика дарвінізму велася з дня його виникнення. Багатьом ученим не подобалося, що зміни, по Дарвіну, можуть іти у всіх можливих напрямках і випадковим чином. Так, одна з критичних точок зору стверджувала, що *зміни відбуваються не безладно й випадково, а по законах форм*. Інша дотримувалася ідеї, відповідно до якої *взаємодопомога була важливішим чинником еволюції, ніж боротьба*. Зростання антидарвіністських настроїв мало цілком об'єктивні причини: з поля зору дарвіністів випав ряд фундаментальних, важливих для еволюційної теорії питань, заради яких вона створювалася. Це причини збереження в історичному розвитку системної єдності організму, механізми включення в еволюційний процес онтогенетичних перебудов, нерівномірність темпів еволюції, причини макро- і прогресивної еволюції, великомасштабні події в епохи біотичних криз.
- **Неоламаркізм** (перше крупне антидарвіністське вчення, що виникло ще в кінці ХІХ століття) ґрунтувався на визнанні адекватної мінливості, що виникає під безпосереднім або непрямим впливом чинників середовища і забезпечує пряме пристосування організму до них на ідеї успадкування придбаних таким чином ознак на негативному відношенні до творчої ролі природного відбору.
- Неоламаркізм не був єдиною течією, а об'єднував в собі декілька напрямів, кожне з яких намагалося розвинути ту або іншу сторону вчення Ламарка.
- **Механоламаркізм** (Р. Спенсер, Т. Эймер) - концепція еволюції, згідно якої доцільна організація створюється шляхом прямого або функціонального пристосування (зникнення органів по Ламарку). Вся складність еволюційного процесу, таким чином, зводилася до простої теорії рівноваги сил, по суті, запозиченої з ньютонівської механіки.
- **Психоламаркізм** (А. Паулі, А. Вагнер) - основу цього напрямку складала ідея Ламарка про значення в еволюції тварин таких чинників, як звички, зусилля волі, свідомість, властива не тільки тваринам, але і складовим їх клітинам. Таким чином, еволюція уявлялася як поступове посилення ролі свідомості в розвитку від примітивних істот до розумних форм життя, що розвивало учення про панпсихізм (загальну одухотвореність).

АНТИДАРВІНІЗМ

- **Ортоламаркізм** (К. Негелі, Э. Коп, Г. Осборн) - сукупність гіпотез, що розвивають ідею Ламарка про прагнення організмів до вдосконалення як до внутрішньо властивій усьому живому рушійній силі еволюції. Саме воно визначало пряmolінійність еволюції.
- Неоламаркістські концепції втратили свій вплив до 30-х років нашого сторіччя, хоча окремі їх ідеї знаходили підтримку ще на початку 70-х років. Найбільшим проявом неоламаркізму у вітчизняному природознавстві була концепція **Т.Д. Лисенко** про спадковість як властивість усього організму.
- **Телеологічна концепція еволюції** (телергенез) тісно пов'язана з ортоламаркізмом, оскільки виходила з тієї ж ідеї Ламарка про внутрішнє прагнення всіх живих організмів до прогресу. Найбільш видним представником телеологічного напрямку став російський природодослідник, засновник ембріології Карл Бер.
- Своєрідну модифікацію цієї концепції представляли погляди прихильників **сальтаціонізму**, закладеного в 1860 -1870-х роках А. Зюссом і А. Келлікером, які стверджували, що вже на зорі появи життя виник весь план майбутнього розвитку, а вплив зовнішнього середовища визначав лише окремі моменти еволюції. Всі найзначніші еволюційні події виникнення нових видів до зміни біот в геологічній історії Землі відбуваються в результаті стрибкоподібних змін, перш за все перетворень ембріогенезу (сальтаціях, або макромутаціях). По суті справи, це був катастрофізм, посилений додатковими аргументами. Ці погляди існують до сьогоднішнього дня.
- Цінність цього напрямку в тому, що він звертає увагу на специфічність макроеволюції, на значення внутрішньої конституції організмів як чинників, які обмежують можливі шляхи подальшого еволюційного розвитку, а також на нерівномірність темпів еволюції і можливість заміни в її ході одних чинників іншими.
- На початку ХХ століття виникає **генетика – вчення про спадковість і наслідуваність змінених ознак**. Засновником її вважається австрійський природодослідник Г. Мендель, який ставив свої досліди ще в 1860-х роках. Але датою народження генетики вважається 1900 р. - в цей час Р. де Фріз, К. Коренс, Э. Чермак повторно встановили правила спадковості ознак в поколіннях гібридних форм, відкриті Менделем в 1865 р.

АНТИДАРВІНІЗМ

- Перші генетики протиставили дані своїх досліджень дарвінізму, внаслідок чого в еволюційній теорії виникла глибока криза. Виступ генетиків проти учення Дарвіна вилився в широкий фронт, який об'єднував декілька течій (мутаціонізм, гібридогенез, преадаптаціонізм і ін.) під загальною назвою генетичного антидарвінізму. Відкриття стійкості генів трактувалося як їх незмінність, що сприяло розповсюдженню антиеволюціонізму (У. Бетсон). Мутаційна мінливість ототожнювалася з еволюційними перетвореннями, що виключало необхідність в процесі відбору як головної причини еволюції.
- Вінцем цих побудов була **теорія номогенезу** Л.С. Берга, створена в 1922 р. Основу її склала ідея, що еволюція є запрограмованим процесом реалізації внутрішніх, іманентних живому закономірностей. Берг вважав, що організму властива внутрішня сила невідомої природи, що діє цілеспрямовано, незалежно від зовнішнього середовища, у бік ускладнення організації. На доказ цього Берг наводив багато даних по конвергентній і паралельній еволюції рівних груп рослин і тварин.
- Зі всіх цих суперечок ставало все більш очевидним, що **генетика і дарвінізм повинні порозумітися.**