

# ОСНОВНІ БІОСТРАТИГРАФІЧНІ ЕТАПИ В ІСТОРІЇ ЗЕМЛІ. СЦЕНАРІЇ ТЕХНОГЕНУ

**Г. РУДЬКО** Доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин

**П. ЗАГОРОДНЮК** Кандидат геолого-мінералогічних наук, голова ради директорів Групи компаній Надра

*Рассмотрено биостратиграфическую историю Земли как процесс непрерывной трансформации и постоянной адаптации от первичных форм жизни к современному состоянию планеты.*

*Развитие жизни на Земле происходило при условии изменений геологических процессов, химического состава атмосферы и водной среды, в периоды между глобальными катастрофами. В результате более чем 3,8 млрд лет сформировалась антропогенная система «человек – геологическая и смежная среда», которая трансформировала биосферу согласно потребностям человека, создав прецедент несоответствия потребностей человечества и ресурсов биосферы.*

*Определены основные сценарии развития человека и биосферы вследствие техногена. По результатам выполненных исследований определены биостратиграфические условия развития жизни на Земле. Исследованы сценарии хода техногена и роль человека в условиях интенсивной трансформации биосферы за счет техногенной деятельности.*

*The biostratigraphic history of the Earth as a process of continuous transformation and adaptation from the primary forms of life and till its current state had been considered in the present article.*

*The development of life on the Earth had started due to the changes of geological processes, changes of the chemical composition of the atmosphere and the aquatic environment, within the period of global catastrophe. As a result of more than 3.8 billion years the anthropogenic system «human – geological and related environment» was formed; it transformed the biosphere in accordance with the needs of human, creating the precedent of inconsistency between human needs and biosphere resources.*

*The basic scenarios of human and biosphere development within the technogene were defined. The results of studies helped to identify the biostratigraphic conditions of the Earth life. The article investigates scenarios of technogene development as well as the role of human under the conditions of intensive biosphere transformation due to the anthropogenic activities.*

**Ключові слова:** біосфера, біота, геодинаміка, геологічне середовище, екологічна безпека, екологічна катастрофа, стратиграфічний підрозділ.

**Ключевые слова:** биосфера, биота, геодинамика, геологическая среда, экологическая безопасность, экологическая катастрофа, стратиграфический подраздел.

**Keywords:** biosphere, biota, geodynamics, geological environment, environmental safety, environmental disaster, stratigraphic unit.

Мета дослідження – біостратиграфічна історія Землі як модель розвитку життя в Галактиці та на планетах Сонячної системи.

В останні 20 років у геологічній науці відбувся значний інформаційний прорив щодо етапів формування та розвитку життя на Землі. У цій статті автори наводять власну концепцію основних біостратиграфічних етапів на основі отриманої інформації.

Вік Землі як планетарного тіла близько 4,8 млрд років, найдавніші породи, в яких знайдено вуглець

органічного походження, мають вік приблизно 3,8 млрд років. Перші вірогідні сліди життя ймовірно з'явилися на Землі одночасно з первинними вірогідними слідами води [6].

На сьогодні основною теорією походження життя на Землі є теорія панспермії, тобто космічного походження первинної живої матерії. Про це свідчить знаходження в метеоритах органічних сполук, фосилізованих примітивних організмів. Російські дослідники виявили у вуглистих хондритах (метеоритах)

фосилізовані ціанобактерії і, можливо, недосконалі гриби, американські фахівці знайшли сліди бактерій в уламках порід із Марса [10].

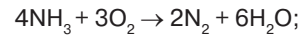
Найдавніші одноклітинні організми (ціанобактерії) виявлено в древніх породах формації Варравуна (Австралія), що мають вік близько 3,5 млрд років, і відкладах Онфервахт (Південна Африка), вік яких приблизно 3,4 млрд років, що дає підставу розглядати ранній докембрій як час існування особливого світу, сформованого прокариотними (без'ядерними) організмами – бактеріями і ціанобактеріями (рис. 1).

Найдавніші прокаріоти швидше за все були хемоавтотрофами. Вони прилаштувалися до якоїнебудь хімічної реакції, яка відбувалася під час виділення енергії та без їх участі, сама по собі, тільки повільно. Завдяки відповідному ферменту вони починали каталізувати цю реакцію, пришвидшуючи її у багаті разів. Наприклад, найдавніші прокаріоти в результаті *аноксигенного фотосинтезу* відновлювали вуглекислий газ до метану. Внаслідок цієї діяльності в біосфері почали утворюватися надлишки метану і сульфатів. З'явилися симбіотичні мікробні спільноти, здатні окиснювати метан за допомогою сульфатів. У результаті цього знову синтезувалися вуглекислий газ і сірководень, які також брали участь у процесі. Незамкнені біогеохімічні цикли почали замикатися, біосфера набувала стійкості та здатності до саморегуляції [7].

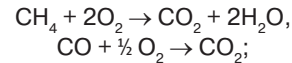
Пізніше (близько 2,9 млрд років тому) з'явилися ціанобактерії, що мають сучасний вигляд, які містили хлорофіл і були здатними до *оксигенного фотосинтезу*. Крім того, ціанобактерії (як і багато інших прокаріотів) були здатними фіксувати атмосферний азот (при цьому розривався міцний зв'язок між двома атомами молекули азоту й утворювалися сполуки азоту, доступні для використання іншими живими організмами).

Таким чином, можна припустити, що вже в середині архею життя на Землі було представлено різноманітними типами прокаріотів, які почали впливати на її геологічну історію. У відновному середовищі кисень,

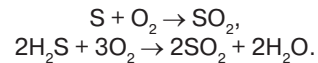
що виділявся ціанобактеріями, спочатку витрачався на окиснення різноманітних сполук і не накопичувався у вільному стані в атмосфері. При цьому аміак  $\text{NH}_3$  окислювався до молекулярного азоту  $\text{N}_2$ :



метан і оксид вуглецю – до  $\text{CO}_2$ :



сірка і сірководень – до  $\text{SO}_2$  і  $\text{SO}_3$ :



Склад атмосфери поступово змінювався.

Життя розвивалося синхронно з геологічним розвитком планети. За деякими припущеннями, на початку протерозою існував єдиний континент Мегагея, який був оточений єдиним океаном.

Після появи ціанобактерій панування прокаріотів тривало впродовж 1,5–2 млрд років. Мікроорганізми ставали дедалі численнішими і різноманітнішими. Чим більше накопичувалося кисню в атмосфері, тим більше створювалося передумов для відмирання прокаріотів.

Так, на первинному етапі кисень, який містився в атмосфері, під впливом діяльності прокаріотів зв'язувався в океанах. Після того як ця реакція стала неможливою, почала утворюватися киснева атмосфера.

Раннє життя мало спочатку локальне поширення і могло існувати лише в океані на невеликих глибинах – приблизно 10–50 м. Верхні шари води, до 10 м вглиб, пронизувалися згубними ультрафіолетовими променями, а на глибинах понад 50 м для фотосинтезу не вистачало світла. Солі океану відрізнялися підвищеним вмістом магнію порівняно з вмістом кальцію відповідно до складу порід первинної земної кори. У зв'язку з цим однією з головних осадових порід архею є магнієвмісний доломіт. В океані не утворювалися сульфатні осади, через те що не було аніонів окисненої сірки. У древніх породах багато легкоокиснюваних, але повністю не окиснених речовин – графіту, лазуриту, піриту. В археї у результаті діяльності анаеробних залізобактерій сформувалися значні товщі магнетиту, гематиту – руд, що містять недоокиснене дво валентне залізо. Разом із тим встановлено, що кисень у складі цих порід фотосинтетичного походження.

Поступове збільшення масштабів фотосинтетичної активності ціанобактерій призвело до появи і накопичення вільного кисню в навколишньому середовищі. Перехід відновної атмосфери в окиснювальну намітився на початку протерозою, про що свідчать зміни хімічного складу порід. Залізо почало осідати в повністю окисненій тривалентній формі. Так сформувалися гігантські родовища залізистих кварцитів

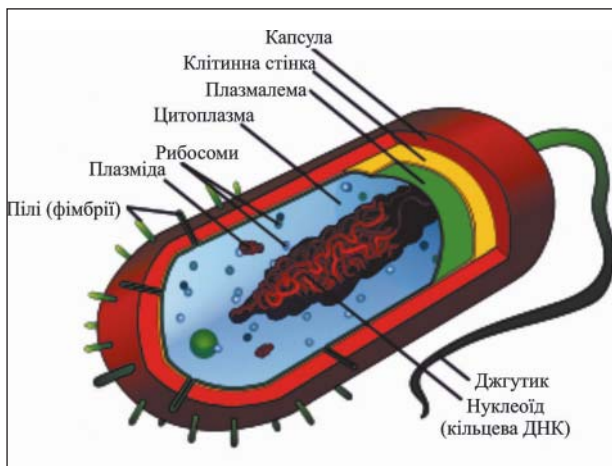


Рис. 1. Будова клітини прокаріота [16]

Криворізького басейну, Курської магнітної аномалії, біла озера Верхнє у США та ін.

Продуктами вивітрювання на суходолі стали червоноцвіті, що містили буре окисне залізо. Зник пірит, замість нього в океані почали з'являтися сульфати, морська вода з хлоридної перетворилася на хлоридно-карбонатно-сульфатну.

В історії виникнення атмосферного кисню істотне значення мають кілька його порогових величин. На Землі до появи фотосинтезу кисень утворювався в атмосфері внаслідок фотодисоціації молекул води. Його вміст, за розрахунками Г. Юрі, не міг перевищувати 0,001 від сучасного вмісту (точка Юрі) й автоматично тримався на цьому рівні. За такого вмісту кисню в атмосфері могло існувати тільки анаеробне життя. Поява молекулярного кисню в результаті фотосинтезу уможливила для живих клітин процес дихання, який є набагато ефективнішим шляхом вивільнення енергії, ніж анаеробне бродіння. З цих позицій важливою є величина різниці 0,01 вмісту кисню від його сучасного рівня – так звана точка Пастера. Існує ціла низка мікроорганізмів, здатних перемикати свій енергетичний обмін із дихання на бродіння і навпаки за умови коливань рівня вмісту кисню нижче або вище від точки Пастера. Припускалося, що в ранньому і середньому протерозої подібне перемикування тривалий час слугувало регулятором вмісту  $O_2$ , оскільки в разі підвищення концентрації кисень починав інтенсивно витрачатися на дихання. Разом із тим життя отримало можливість розповсюдитися майже до поверхні водойм, тому що ультрафіолетові промені крізь слабкий озоновий екран могли тепер проникати на глибину не більше як на 1 метр.

Третій пороговий вміст кисню (точка Беркнера–Маршалла) відповідає 10% сучасного. Він визначає таку сформованість озонового екрана, при якій потоки жорстких ультрафіолетових сонячних променів вже не досягали земної поверхні і не перешкоджали розвитку життя.

За розрахунками вчених, здійснених у 1960-х рр., точку Пастера було перейдено менш як 1 млрд років тому, точку Беркнера–Маршалла – до кінця силуру, що забезпечило можливість виходу життя на суходіл. Результати сучасних досліджень дають підставу припускати більш ранній розвиток подій. За деякими даними, перехід точки Пастера міг відбутися вже 2,5 млрд років тому, а 10%-ний вміст кисню було досягнуто в період 1,8–2,0 млрд років тому.

Формування окиснювальної атмосфери обумовило бурхливий розвиток еукаріотного життя, енергетика якого базується на процесі дихання (рис. 2). Очевидно, що еукаріотне життя тісно пов'язане з аеробним середовищем, яке підготовлене прокаріотами. Перші аеробні організми могли виникнути досить рано у складі ціанобактеріальних спільнот, які, за припущеннями палеонтологів, були свого роду «кисневими оазисами» в анаеробному середовищі.

Виділений ранніми фотосинтезувальними організмами кисень був токсичним і смертельно небезпечним

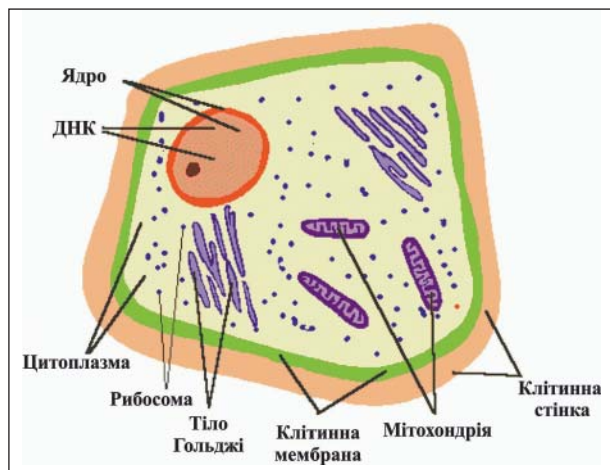


Рис. 2. Будова типової клітини еукаріота [13]

для анаеробних форм життя. Після його накопичення у воді й атмосфері анаеробні прокаріотні спільноти витіснилися вглиб ґрунтів, на дно водойм, тобто в локальні ніші з доволі низьким вмістом  $O_2$ .

У другій половині протерозою в морях з'явилися різні групи одноклітинних водоростей та найпростіших. Еукаріотний фітопланктон збільшив масштаби фотосинтезу. У свою чергу, ціанобактерії також залишили упродовж цього періоду величезні поклади строматолітів, що свідчить про їх високу фотосинтетичну активність. Наприкінці протерозою в морях утворювалося багато біологічної продукції, на основі якої сформувалися нафтогазоносні поклади.

Останній етап протерозою, що тривав близько 100 млн років (венд), продемонстрував вибух різноманіття багатоклітинних. Можливо багатоклітинність з'явилася раніше, оскільки поки що вчені не прийшли до однозначної думки щодо трактувань низки спірних палеонтологічних знахідок, але відомо, що тільки у венді могла виникнути величезна різноманітність водяних тварин і рослин доволі високого ступеня організації. Великі скупчення вендської біоти виявлені в різних регіонах світу: Австралії, Південній Африці, Канаді, Сибіру, на узбережжі Білого моря. Серед тварин переважали кишковопорожнинні і черв'яки, були форми, що нагадували членистоногих, але в цілому більшість із них відрізнялися своєрідним виглядом і не траплялися у молодших відкладах. Відмінна ознака всієї вендської біоти – відсутність скелета. Тварини досягали вже великих розмірів, деякі до 1 метра, але мали желеподібні студенисті тіла, що залишили відбитки на м'яких ґрунтах. Добра і масова схоронність таких відбитків побічно свідчить про відсутність труподів і великих хижаків у вендських біоценозах.

Органічна речовина біогенного походження стає постійним і обов'язковим компонентом осадових порід із другої половини протерозою.

Новий ступінь у розвитку органічного світу – масова поява у багатоклітинних різноманітних зовнішніх і внутрішніх скелетів. Із цього часу датується фанерозой – «ера явного життя», оскільки схоронність скелетних

решток у земних шарах дає змогу детальніше відтворювати хід біологічної еволюції. У фанерозої різко збільшився вплив живих організмів на геохімію океану, атмосфери, осадових порід. Сама можливість появи скелетів була підготовлена розвитком життя. Внаслідок фотосинтезу Світовий океан втрачав CO<sub>2</sub> і збагачувався киснем, що змінило рухливість цілої низки іонів. У тілах організмів у якості скелетної основи почали відкладатися SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, P, Cu, V та інші мінеральні компоненти. Наявність достатньої кількості кисню полегшила також синтез білка колагену, необхідного для формування органічних скелетів.

Всмоктуючи низку речовин з водного середовища і накопичуючи їх у своїх тілах, організми внаслідок відмирання і захоронення на дні водойм стали безпосередніми творцями багатьох осадових порід. Накопичення карбонатів стало переважно біогенним, оскільки CaCO<sub>3</sub> інтенсивніше бере участь в утворенні скелетів, ніж MgCO<sub>3</sub>. Дуже багато видів організмів набули здатності акумулювати кальцій із води. На початку фанерозою виникли значні поклади фосфоритів, сформованих організмами з фосфатним скелетом. Хімічне осадження SiO<sub>2</sub> також стало біогенним.

У межах фанерозою виділяють три ери: палеозою, мезозою і кайнозою, які, у свою чергу, поділяють на періоди. Перший період палеозою (кембрій) характеризується таким вибухом біологічного різноманіття, що отримав назву кембрійської революції. Кембрійські породи насичені численними організмами. З'явилися археоціати, губки, плечоногі, трилобіти, різні групи молюсків, черепашкові рачки, голкошкірі та багато інших. Серед найпростіших виникли радіолярії і форамініфери. Рослини представлені різноманітними водоростями. Роль ціанобактерій зменшилась, оскільки строматоліти стали дрібнішими й малочисленними.

Упродовж ордовіка і силуру різноманітність організмів в океані наростала, їх геохімічні функції ставали дедалі різноманітнішими. З'явилися пращури хребетних тварин. Рифоутворювальна роль, яку виконували строматоліти, перейшла до коралових поліпів. Основною подією палеозою стало завоювання рослинами і тваринами суходолу.

Мезозою слід розглядати як подальший етап інтенсивного розвитку рослин і тварин. Останні досягли гігантських розмірів і сформували екологічну нішу динозаврів. Таким чином, мезозою слід вважати епохою динозаврів. У кінці мезозою всі динозаври вимерли, а в кайнозої почала формуватися близька до сучасної біостратиграфічна модель доквілля, яка тривала до антропогену – періоду появи людини (рис. 3).

Зараз ми живемо в період техногену – останньому стратиграфічному підрозділі, у якому людина з відповідними засобами виробництва є головною геологічною силою і споживачем енергетичних ресурсів планети.

Паралельно з вищевикладеним доцільно розглянути основні етапи літогенезу і глобальні екологічні катастрофи в історії планети.

Згідно з працями академіка М.М. Страхова, в історії Землі можна виділити п'ять етапів літогенезу.

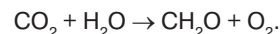
**Початковий, або азойський (гіпотетичний), етап літогенезу** – зона плавлення верхньої мантії поставляла на поверхню Землі розплавлену лаву і попіл, при дегазації яких пара води сконденсувалася та утворила первинний океан, а гази – первинну атмосферу, багату на H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>.

Легкорозчинні леткі H<sub>2</sub>S, HCl, HF, B, H<sub>2</sub> затримувалися в гідросфері, води якої через це стали дуже кислими. O<sub>2</sub> був відсутнім.

На цьому етапі накопичувалися майже виключно лава, попіл, частково теригенний матеріал, що утворився внаслідок хімічного і фізичного вивітрювання; з хемогенних осадів – вільний кремнезем, основні хлориди, алюміній, а також сульфід заліза і важких металів, фториди кальцію, магнію, заліза, алюмінію. Внаслідок взаємодії кислих вод із гірськими породами через деякий час із морської води зникли вільні HCl, HF і залишилася лише H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

З цього моменту почався **другий, або археоазойський, етап літогенезу**. Атмосфера як і раніше зберігала свій древній тип: у ній було багато CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, сліди O<sub>2</sub> (від фотодисоціації CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O). Внаслідок вивітрювання континентів гідросфера поступово збагачувалася гідрокарбонатами кальцію, магнію, заліза, мангану; вода стала хлоридно-карбонатною і залишилася кислою через велику кількість CO<sub>2</sub>. Зародилося життя у вигляді організмів-хемосинтетиків, ще не здатних до фотосинтезу, тому вони слабо впливали на геохімію гідросфери. Літогенез продовжував бути переважно вулканогенно-осадовим, але з'явилися також власне осадові (хемогенні) породи, пов'язані з вивітрюванням літосфери: джеспіліти, багаті на Fe<sup>2+</sup>, іноді й на Mn<sup>2+</sup>, боксити, первинні карбонатні породи, найімовірніше – доломіти.

**Третій, або протерозойсько-рифейський, етап літогенезу** почався з появи фотосинтезу, що докорінно змінив усю обстановку осадового процесу. Реакція фотосинтезу:



Атмосфера в цей період швидко збагачувалася киснем, але все ще зберігала значні маси CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>. Окиснення сульфідів у водоймах і H<sub>2</sub>S у вулканічних ексгалляціях збагатило гідросферу сульфатами, води океанів і морів стали хлоридно-карбонатно-сульфатними. В осадонакопиченні вперше з'явилися гірські породи, збагачені органічною речовиною (шунгіти). Серед джеспілітів виникли різновиди, що містили не тільки FeO, а й Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, причому останні локалізуються в більш віддалених від берегів частинах морів, які отримують мало органічної речовини (бо життя поки що розвивалося в основному поблизу берега). У прибережній зоні формуються перші оолітові гідрогетит-шамозит-сидеритові руди. Також

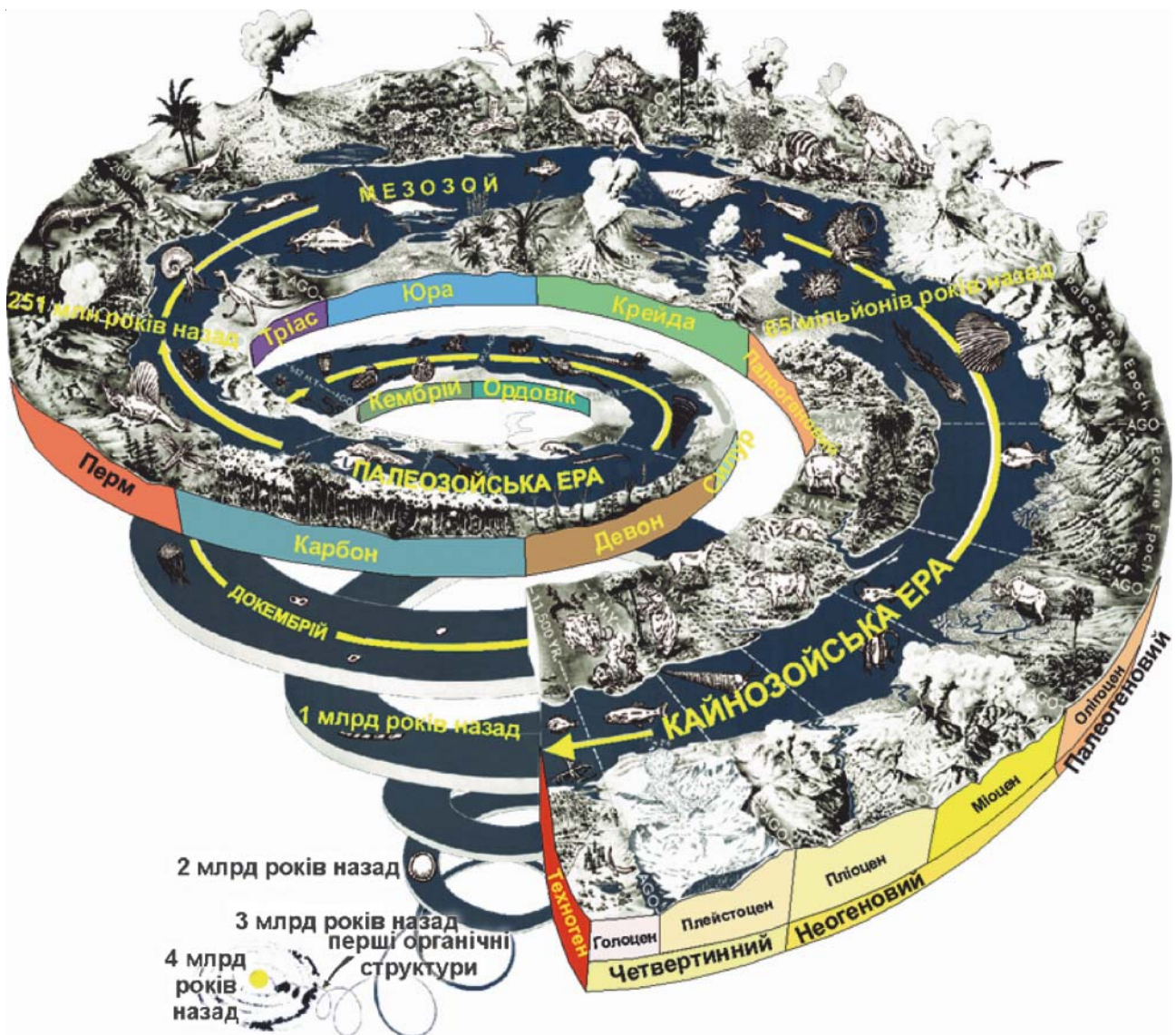


Рис. 3. Розвиток Землі та історія біосфери [14]

вперше розвивається двозональна будова осаду з окиснювальною плівкою зверху і відновною знизу. З'явилися органігенні водоростеві вапняки і доломіт, кремністі породи (хемогенні, дуже бідні на залізо яшми), а також чималі родовища фосфоритів. Через збільшення площі континентів (базою для яких були платформні ділянки, що розрослися) поступово чіткіше вимальовувався аридний тип літогенезу, який був представлений поки що тільки фосфоритами, доломітовими товщами, Cu-Pb-Zn-рудами і гіпсами.

**Четвертий, або фанерозойський, етап літогенезу** охоплює період від початку кембрію і донині. Головними вирішальними подіями, що визначили вигляд седиментації цього етапу, є такі:

- різке розростання платформ, а отже, континентальних ділянок;
- перехід життя з моря на суходіл.

Перша обставина зумовила широкий розвиток аридного та періодами льодового типів літогенезу і разом з тим ослаблення вулканогенно-осадового утворення порід. Саме на четвертому етапі еволюції літогенезу чітко диференціюються всі його чотири типи. Перехід на суходіл біосу, що супроводжувався подвоєнням маси останнього, призвів до прогресивного збагачення атмосфери та гідросфери вільним киснем, різкого зменшення вмісту  $\text{CO}_2$ . Води океану, втративши  $\text{CO}_2$ , стали хлоридно-сульфатними і з кислих (через велику кількість  $\text{CO}_2$ ) ще наприкінці попереднього етапу перетворилися на лужні.

Всі ці зміни різко позначилися на седиментації. З'явилось багато товщ каустобіолітів (вугілля, горючі сланці). Рудні накопичення  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Fe і Mn змістилися з пелагічних частин морів і стали прибережними, бо високий рН обмежив далеке рознесення в море

рудних розчинів. Кремністі породи, які сформувалися далеко від осередків вулканізму, стали біогенними (радіолярієві, діатомові), а внаслідок цілковитого або часткового розчинення черепашок в результаті діягенезу перетворилися на мікрокристалічні опалово-халцедонові породи. Через зниження лужного резерву морських вод доломіти майже перестали утворюватися в морях гумідних зон і стали типовим утворенням аридних зон, але й тут поступово кількість їх зменшувалась (вимирали). У гумідних зонах у зв'язку з бурхливим розвитком організмів, які виділяли CaO, хемогенне осадження CaCO<sub>3</sub> майже припинилося. У той же час зросла кількість біоморфних, детритових, шламових та інших органогенних накопичень, причому якщо в палеозої вони виникали тільки на мілководді, то, починаючи з мезозою, з появою пелагічних форамініфер, водоростей і птеропод, вони почали виникати в пелагіалі океанів і великих морів (глобігеринові, коколітофоридні, птероподові мули). В аридних зонах почалося масове осадження не тільки доломіту і гіпсів, а й галітів та калійних солей, особливо в крайових зонах платформ і внутрішньоконтинентальних морях. Чітко відокремилася навколоосередкове вулканогенно-осадове рудонакопичення у вигляді Mn-Fe-руд, накопичення Cu, Pb, Zn та інших елементів.

**П'ятий етап літогенезу – техногенний** – характеризується появою мінеральних і полімерних сполук, які людина використовує для господарських потреб, у тому числі під час будівництва, розробки родовищ корисних копалин тощо.

Важливе значення в біостратиграфічному відношенні мають також глобальні екологічні катастрофи, серед яких виділяють такі.

**Киснева катастрофа** є однією з найважливіших подій в історії Землі, саме завдяки їй в атмосфері нашої планети з'явився кисень, без якого неможливе існування життя. Ця важлива екологічна подія відбулась близько 2,5 млрд років тому.

Незважаючи на те що кисень створив умови для розвитку життя людини, він знищив більшість анаеробів на Землі. І саме тому цю подію називають «катастрофою». Ціанобактерії, які виробляли кисень, стали причиною зникнення майже всього життя докисневого періоду. До того ж саме вільний атмосферний кисень став причиною Гуронського зледеніння, оскільки з'єднувався з метаном, що знаходився в атмосфері.

**Гуронське зледеніння** – докембрійський льодовиковий період, тривав упродовж 300–400 млн років. У результаті зледеніння практично всі континенти, які були об'єднані тоді в єдиний суперконтинент Мегагею, незважаючи на екваторіальне положення, опинилися вище від рівня снігових ліній і тому були скуті гігантським покривним зледенінням. Льодовикові шапки простягалися від полюсів до тропіків.

**Кембрійський вибух** – раптова (в геологічному відношенні) поява в ранньокембрійських (близько 570 млн років тому) відкладах скам'янілостей представників ба-

гатьох підрозділів тваринного царства на тлі відсутності їх скам'янілостей або скам'янілостей їх предків у докембрійських відкладах. У міру накопичення палеонтологічних даних інтерпретація кембрійського вибуху неодноразово змінювалась. Знадобилося 2,5 млрд років, щоб найпростіші клітини розвинулися в складніші еукаріотні клітини, і ще 700 млн років для виникнення перших багатоклітинних організмів. А потім усього за 100 млн років світ був заселений найрізноманітнішими багатоклітинними тваринами. З тих пір за понад 500 млн років на Землі не з'явилася жодного нового типу тварин (які б мали принципово іншу будову тіла). У кембрійський період на Землі існували величезні площі, зайняті континентальним шельфом, або материковими мілинами. Тут створилися ідеальні умови для життя: дно, вкрите шаром м'якого мулу, і тепла вода.

**Ордовицько-силурийське вимирання** – масове вимирання на межі ордовицького і силурийського періодів – близько 450–440 млн років тому. Воно є одним із п'яти найбільших вимирань в історії Землі за часткою вимерлих родів і другим – за кількістю втрачених живих організмів.

Сьогодні ордовицько-силурийське вимирання інтенсивно вивчають. Хронологія співвідноситься з початком і кінцем найтяжчих льодовикових періодів фанерозою, які наприкінці ознаменувалися тривалим похолоданням у верхньому ордовику. Вищевказане згубно позначилося на фауні кінця ордовика, для якого був характерний типово парниковий клімат. Цьому передувало зменшення в атмосфері вмісту вуглекислого газу, що вибірково торкнулося організмів, які жили в мілководних морях. Льодовики акумулювали велику кількість води, в міжльодовикові періоди – вивільняли її, з цієї причини рівень Світового океану декілька разів зазнавав істотних коливань. Великі мілководні внутрішньоконтинентальні моря ордовика піднімалися, руйнуючи біологічні ніші, потім знову поверталися до колишнього стану, при цьому чисельність популяцій зменшувалась, часто зникали цілі родини організмів. Загинуло понад 60% морських безхребетних, включаючи дві третини всіх родин брахіопод і моховаток. Підтвердження даних про зледеніння знайдено у відкладах пустелі Сахара.

На сьогодні небагато вчених притримуються теорії, що причиною початку вимирання живих організмів на Землі був спалах гамма-випромінювання від наднової зірки, що знаходиться в 6 тис. світлових років від нашої планети (у ближньому відносно Землі рукаві галактики Чумацький Шлях). Десятисекундний спалах зменшив товщину озонового шару атмосфери Землі приблизно вдвічі, організми, які жили на поверхні, в тому числі відповідальні за планетарний фотосинтез, піддалися сильному ультрафіолетовому опроміненню. Однак однозначних доказів того, що відбувалися подібні гамма-спалахи, не знайдено.

**Девонське вимирання** – масове вимирання видів наприкінці девону, одне з найбільших в історії

Землі вимирань флори і фауни. Перший (і найвищий) пік вимирання стався на початку фаменського ярусу – останнього ярусу девонського періоду, близько 374 млн років тому, коли несподівано зникли майже всі безцеліпні. Другий імпульс завершив девонський період (близько 359 млн років тому). Всього вимерло 19% родин і 50% родів. Причини цього вимирання поки що не з'ясовані. Згідно з основною гіпотезою, головною причиною вимирання в океанах стали зміни рівня Світового океану та зменшення вмісту кисню в океанічних водах. Можливо, що активатором цих подій стало глобальне похолодання або обширний океанічний вулканізм, хоча падіння позаземного тіла, такого як комета, теж цілком ймовірно. Деякі статистичні дослідження морської фауни того періоду наводять на думку, що зменшення різноманітності організмів було пов'язане скоріше зі спадом темпу видоутворення, ніж зі зростанням швидкості вимирання.

**Масове пермське, або пермсько-тріасове, вимирання** (неформально відоме як «велике вимирання» або «найбільше масове вимирання всіх часів») – одне з п'яти масових вимирань стало межею, що розділяє пермський і тріасовий періоди (палеозой і мезозой) приблизно 251,4 млн років тому. Воно було однією з найбільших катастроф біосфери в історії Землі, що призвело до вимирання 96% усіх морських видів і 70% наземних видів хребетних. Катастрофа стала єдиним відомим масовим вимиранням комах, тоді вимерло близько 57% родів і 83% видів усього класу комах. Через втрату такої кількості й розмаїття біологічних видів відновлення біосфери тривало набагато довше порівняно з відновленням після інших катастроф, які призводили до вимирання організмів. Моделі, за якими відбувалося вимирання, обговорюються.

На сьогодні серед фахівців немає одностайної думки про причини вимирання. Розглядають два можливих сценарія: *поступові зміни навколишнього середовища та катастрофічні події*:

- аноксія – зміни хімічного складу морської води й атмосфери, зокрема дефіцит кисню;
- підвищення сухості клімату;
- зміна океанічних течій і (або) рівня моря під впливом змін клімату;
- падіння одного або кількох метеоритів, зіткнення Землі з астероїдом, діаметр якого кілька десятків кілометрів;
- посилення вулканічної діяльності;
- раптовий викид метану з дна океану.

Найпоширенішою є гіпотеза, згідно з якою причиною катастрофи став вилив трапів (спочатку порівняно невеликих Емейшанських трапів близько 260 млн років тому, потім колосальних Сибірських трапів 251 млн років тому). Це могло бути пов'язано з вулканічною зимою, парниковим ефектом через викид вулканічних газів та іншими кліматичними змінами, що вплинули на біосферу.

**Тріасово-юрське вимирання** є межею між тріасовим і юрським періодами (200 млн років тому), одним із найбільших вимирань мезозойської ери, що значно вплинуло на життя на Землі. Цілий клас конодонтів, що становили 20% усіх морських родин, усі поширені нединозавроподібні архозаври, багато видів земноводних зникли повністю. Щонайменше половина відомих на сьогодні видів, які жили на Землі в той час, вимерла. Ця подія звільнила екологічні ніші, отже, починаючи з юрського періоду, почали домінувати динозаври. Тріасове вимирання відбулося менш ніж за 10 тис. років до того, як суперконтинент Пангея почав розпадатися на частини. Висунуто декілька гіпотез, що пояснюють цю подію, але всі вони не повною мірою відповідають на питання:

- поступова зміна клімату або флуктуації рівня океану протягом пізнього тріасового періоду, однак це не пояснює раптовість вимирання істот в океані;
- падіння астероїда, але немає датованого ударного кратера, утворення якого збігалось б із тріасово-юрською межею;
- масові виверження вулканів, особливо вилив базальтових лав у Центральноатлантичній магматичній області, внаслідок чого вивільнився в атмосферу вуглекислий газ або діоксид сірки, що, у свою чергу, стало причиною сильного глобального потепління (від першого газу) або похолодання (від другого газу);
- гіпотеза про метангидратну рушницю; потепління через вулканізм і накопичення вуглекислого газу в атмосфері призвело до вивільнення метану з донних клатратів; виділення метану – сильнішого парникового газу, ніж CO<sub>2</sub>, ще більше пришвидшило потепління, що, у свою чергу, спричинило ще більше вивільнення метану з дна океанів. Цей процес міг викликати швидку зміну глобальної температури.

**Крейда-палеогенове вимирання** (близько 65 млн років тому) відзначене новим масовим вимиранням видів, зникло приблизно 40% усіх існуючих на той час родин тварин. Зникли птерозаври, амоніти, мозазаври, але головними жертвами цієї катастрофи були динозаври. Причина такого вимирання до сьогодні залишається не з'ясованою. Стосовно цього питання існують дві полярні гіпотези. За однією з них, більш високорганізовані групи витіснили і знищили менш організовані. Важливу роль при цьому відіграла зміна палеогеографічних умов, наприклад, різке збільшення площі суходолу. За другою гіпотезою, масове вимирання було зумовлене катастрофічними процесами, наприклад, падінням метеоритів. Це могло призвести до різких змін температур повітря і води, складу атмосфери, рівня сонячної радіації тощо. Слід зазначити, що на сьогодні обидві гіпотези мають право на існування і пошуки науково обґрунтованих доказів залишаються актуальними.

**Еоцен-олігоцене вимирання** (стосувалося європейської фауни, відоме також як Великий перелом, франц. Grande Coupure) – значні зміни в складі морської

і наземної флори і фауни. Розпочалося наприкінці епохи еоцену – початку епохи олігоцену близько  $33,9 \pm 0,1$  млн років тому. Значно поступалося за масштабами п'яти найсильнішим масовим вимиранням в історії Землі. В океанах це вимирання було вельми розтягнутим у часі і тривало близько 4 млн років (кінець середнього – пізній еоцен). Згідно з низкою оцінок сумарне вимирання морських тварин становило 3,2%, що в кілька разів перевищує фоновий показник 0,66%. Більше половини вимираючих родин наприкінці еоцену становили форамініфери і морські іжаки. На рівні родів помітно вимер (близько 15%) морський бентос. У цей період зник окремих вид – древні китоподібні.

Існує кілька гіпотез, які пояснюють причини цього вимирання, проте єдиної думки серед палеонтологів стосовно цього питання немає. З обґрунтованих і доволі вивчених гіпотез можна виділити такі.

- *Зіткнення з астероїдами.* На думку багатьох учених, різка зміна клімату, що спричинила вимирання видів, була викликана послідовним ударом двох метеоритів, які впали в Північній Америці (Чесапик-Бей) і Сибіру (Попігай). Падіння метеоритів призвели до різкого зниження температури повітря, в атмосфері зменшилася концентрація вуглекислого газу. Чимало метеорологів пов'язують процес формування Антарктичного крижаного щита саме з олігоценом. Однак при цьому слід зазначити що при падінні астероїдів їх вплив на клімат у геологічному масштабі часу дуже короткочасний.

- *Виверження супервулканів.* Деякі вчені стверджують, що із 47 відомих вивержень супервулканів 23 сталися в цей період вимирання. Величезні площі в Північній Америці були вкриті кілометровими шарами відкладів туфу і попелу. Під супервулканічними виверженнями розуміють виверження особливого типу, які походять із системи радіальних тріщин, коли скупчення магми підіймає цілий вулканічний район, а не один вулкан. Відповідно об'єм викидів речовин в атмосферу в разі перевищує об'єм викидів звичайних земних вулканів.

- *Зміна клімату при переході від еоцену до олігоцену* (рис. 4).

- *Часткове затінення Землі гіпотетичними кільцями.* У 1980-х рр. було висунуто гіпотезу про існування в певний період розвитку Землі системи кілець, схожих на кільця Юпітера. Подальші дослідження наштовхнули деяких вчених на думку, що тінь, яка падала від кілець, могла призвести до глобального похолодання клімату, яке, у свою чергу, викликало вимирання багатьох видів морських організмів у пізньому еоцені.

У недавньому геологічному минулому на Землі настало глобальне похолодання (льодовиковий період). Це сталося в середині міоцену, близько 16 млн років тому, коли одночасно з похолоданням посилювалася посуха в екваторіальних регіонах, територія лісів зменшувалася, а луків збільшувалася. Близько

10 млн років тому почав формуватись Антарктичний льодовиковий щит. У результаті величезні маси води перетворилися на сніг і лід, що призвело до зниження рівня Світового океану. Є багато свідчень того, що близько 3 млн років тому настав період різкого похолодання. Зледеніння в Північній півкулі посилювалося приблизно 2,7 млн років тому. Питання, що було справжньою причиною тодішнього глобального похолодання, залишається спірним, хоча існують припущення, що це сталося через зміну циркуляції океанських течій, ймовірно, обумовлену рухами літосферних плит. Температура океанських течій впливає на температуру й вологість атмосфери. У четвертинний період, що розпочався понад 2 млн років тому і триває досі, льодовикові епохи чергувалися з міжльодовиковими потепліннями. Ми живемо в черговий період міжльодовикового потепління.

Формування свідомого існування живих істот пов'язане з появою людини роду *Homo* і суспільства, що приблизно збігається з межею неогенової та четвертинної систем хроностратиграфічної шкали. У темпоральній періодизації цю межу розглядають за тим самим принципом, що й зародження життя. Якщо життя з погляду інформації – це поява генетичного коду, тобто спадкової видової пам'яті, то людське суспільство – це поява культурної інформації, тобто мови – коду абстрактних символів і передачі пам'яті під час навчання (рис. 5).

*Ноосферотемп.* Раннє матриархальне суспільство з анімістською ідеологією жило в гомеостазі з біосферою. Цивілізоване патріархальне суспільство, обравши природопідкорювальну ідеологію, забезпечило свій швидкий прогрес через збільшення експансії в природу і деградацію останньої. Це закономірно призвело до другої глобальної екологічної кризи, внаслідок якої біосферу витісняє техносфера, формується третій, ноокібернетичний стовбур життя, адаптований до будь-яких неокисневих середовищ, у тому числі до космічного.

Об'єм і межі антропогайї та її частин не збігаються з об'ємом четвертинної системи, межами плейстоцену і голоцену. Епоген (грец. *επος* – рід розмовляючих) охоплює інтервал 2 млн – 4,5 тис. років. Його поділяють на кауемер (від грец. *καυ* – палити, емер – день), який приблизно збігається з еволюцією *Homo erectus*, і теріомер, який охоплює велику частину зони *H. sapiens*. Генетична еволюція людини в теріомері різко слабшає і діє тільки на рівні адаптаційного добору – виявляється у формуванні расових ознак. У людському суспільстві на зміну фітогенезу прийшов етногенез. При цьому етноси як одиниці різноманітності у суспільстві – така сама ланка, як види в біосі. Однак тривалість циклів етногенезу, обумовлених, за Л.М. Гумільовим [5], пасіонарними (від лат. *passio* – пристрасть) біоенергетичними поштовхами приблизно 1 раз у 1200 років, на порядок, а то і на два менша, ніж циклів видоформування.



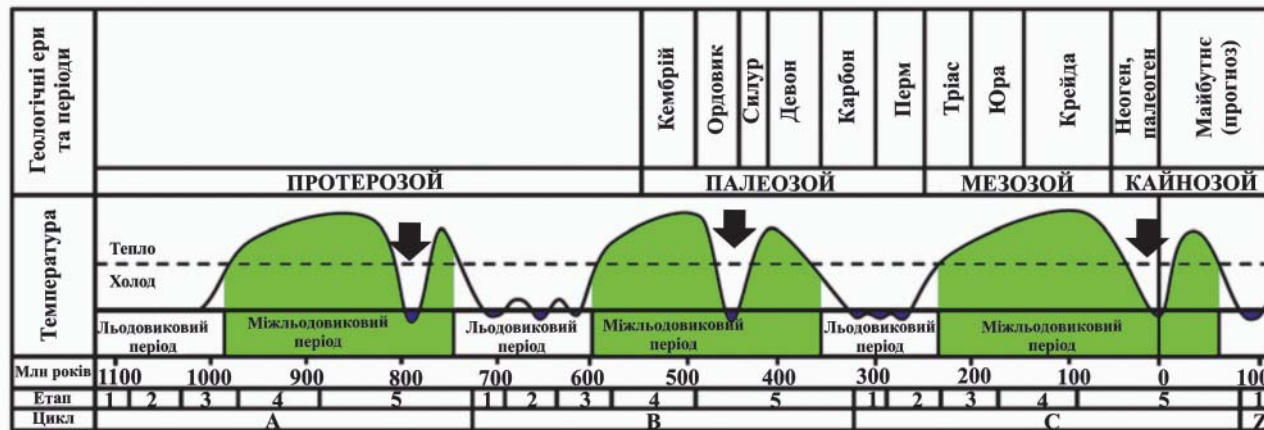


Рис. 4. Льодовикові й міжльодовикові цикли та етапи (цикли Вілсона) [15].

Стрілками вказано малі льодовикові періоди наприкінці інтергляціальних

Графоген (від грец. *γραφω* – народжені писати) охоплює другу половину голоцену, включає два емеротемпи. У першій половині (історичний час) агромер (грец. *αγρος* – день поля) людство ще перебувало у гомеостазі з біосферою. Він був порушений приблизно в середині механомеру (грец. *μηχαν* – день машин), на межі XIX і XX ст.

У взаємовідносинах суспільства і біосфери виділяють до п'яти екологічних криз [5]. Перша криза – збирання та примітивного полювання – виникла в середині останньої льодовикової епохи в період розвитку мустьєрської кам'яної індустрії. Тоді співіснували два типи людини: неандертальський і кроманьйонський, суперництво між ними, мабуть, було однією зі складових кризи, фінал якої наступив близько 47–50 тис. років тому з перемогою кроманьйонської людини (*H. sapiens*), що займала вищий соціально-інформаційний щабель розвитку і швидше опанувала прийоми загінного полювання з вогнем.

Наступна криза – різке погіршення мисливських ресурсів [3] – припадає на першу половину післяльодовикової епохи, коли зникла велика фауна мамонтів. Ця епоха закінчилася так званою неолітичною революцією – переходом однієї частини людства до землеробства й осілости, іншої – до скотарства. Час цього переходу датується в різних широтах і країнах від 10–8 до 5–4 тис. років тому.

Третя криза, яка настала перед зародженням зрошувального землеробства, швидше за все була регіональною. Вона збіглася з переходом від неоліту до віку металів і закінчилася 4–3 тис. років тому поширенням технології богарного землеробства.

Четверта криза, за Н.Ф. Реймерсом [9], криза продуцентів, співпала з масовим винищенням лісів (на дрова, звільнення площ під поля). Її фіналом була промислова революція і перехід до використання викопного палива. Це час появи техногену (О.Є. Ферсман, 1955) та антропогенно обумовленої міграції хімічних елементів.

Перша в історії людства глобальна екологічна криза, яка ще не завершилась, розпочалася з середини

XX ст. Одночасно відбувалися процеси хімізації економіки промислово розвинених країн. Усього за кілька десятиліть було створено до 300–400 тис. штучних хімічних сполук, їх кількість перевищила видову різноманітність рослинного світу. За даними щодо виробництва валового національного продукту США у 1970 р., наведеними Б. Коммонером у монографії «Замыкающийся круг», за 24 роки збільшення виробництва становило: синтетичного волокна – 980%, ртуті – 3930%, пластмас – 1960%, азотних добрив – 1050%, синтетичних органічних речовин – 950%, алюмінію – 680%, хлору – 600%, пестицидів – 390% за загального збільшення обсягу виробництва всього на 126%. Із цих даних видно, що основна тенденція техногену в XX ст. – це хімізація виробництва. Рівень забруднення навколишнього середовища за той же період підвищився в різних районах на 200–2000%, тобто був пов'язаний не тільки зі зростанням чисельності населення й обсягу валового продукту, а й із якісною зміною технології виробництва, перш за все з його хімізацією.

Загальний глобальний висновок сучасної екологічної кризи визначений у працях Комісії Брундтланд («Наше спільне майбутнє»), Д.Х. Медоуза та ін. (1991), У. Кларка та ін. (1989), щорічнику State of the World (1988–1991), монографіях Г. Хефлінга, Н.Ф. Реймерса [9], А. Гора [12] та багатьох інших. Важливо зазначити, що сьогодні прокотилася лише перша хвиля кризи, яка охопила країни з розвинутою промисловістю та постсоціалістичні держави. В останніх її прояв був сильнішим, ніж у країнах із ринковою економікою [1, 2, 11]. Промислово розвинені західні держави певною мірою змогли впоратися з кризою або знайшли методи її подолання на внутрішньополітичному рівні. Що стосується країн колишнього соціалістичного табору, перш за все членів колишнього СРСР, то для них перехід до ринкової економіки лише поглибив цю кризу.

У найближчі роки загрожує друга хвиля глобальної екологічної кризи, яка охопить держави третього світу і, мабуть, країни колишнього соціалістичного

табору. Населення цих країн становить 6/7 загальної чисельності населення Землі, до того ж 1/3 з них постійно голодує. Понад 90% приросту населення Землі в найближчі десятиліття припаде саме на ці країни. Щоб задовольнити їх потреби на рівні, близькому до промислово розвинених країн, необхідно збільшити світове виробництво товарів у 5–10 разів, електроенергії – у 5 разів. Природних ресурсів Землі недостатньо для забезпечення такого приросту.

Уже сьогодні людство споживає природних ресурсів на порядок більше, ніж можна вилучати з біосфери, не завдаючи шкоди її біохімічним циклам і без порушення процесу самовідновлення [4, 9]. За оцінкою П. Вітоусека, яка наведена у State of the World (1991), людство витрачає 40% усієї продукції, виробленої в процесі фотосинтезу на суходолі. Інакше кажучи, людство упродовж XX ст. жило за рахунок своїх нащадків. Більше того, воно поставило біосферу, а отже, і себе як невід’ємну частину біосфери на межу повної деградації. Друга хвиля глобальної екологічної кризи матиме ще серйозніші наслідки для біосфери. Як? Дати певною мірою чітку відповідь на це запитання можна тільки на основі аналізу закономірностей еволюції Землі як одиниці «поля живої речовини» Всесвіту.

**Еволюція Землі у XX ст. Техноген.** Підбити підсумки досягнень цивілізації у XX ст. можна на підставі праць Л. Брауна та ін. [1, 2], Н.Ф. Реймерса [9], А. Яблокова [11], В. Красілова [8] та ін. Наведені висновки суперечливі, одні досягнення оцінені як позитивні, інші – як негативні. Безперечний плюс мають досягнення науки і техніки, в яких зосереджено головну надгенетичну колективну інформацію людства. Її значення в суспільстві зросло настільки, що наука у західних країнах стала п’ятою владою. Феноменальним було зростання економіки.

За підрахунками В.Г. Горшкова [4], у XX ст. людство витратило на розвиток своєї техногенної цивілізації 10% продукції біосфери (за П. Вітоусеком – 40% продукції наземної біоти), що й призвело до глобальної екологічної кризи. Біосфера як екологічна система вичерпана, 1/3 ґрунтового покриву втрачено, 2/3 лісів вирубано, степи як тип ландшафту щезли зовсім, тваринний і рослинний світ утратив ледве не половину генетичного різноманіття і тільки упродовж XX ст. 1/5 свого видового складу. Забруднення планети досягло критичних меж. Це не тільки сміття й відходи виробництва, об’єм яких досяг 800 т/рік на 1 особу, а й майже повсюдне зараження атмосфери, гідросфери і біосфери токсичними шкідливими відходами хімічного виробництва, важкими металами, радіоактивними ізотопами.

Погіршується генетичний і психологічний стан самого людства. Хоча середня тривалість життя до кінця XX ст. в усіх країнах подовжилася в результаті зниження дитячої смертності й досягнень медицини, генетичний рівень населення швидко знижується.

На думку В.О. Зубакова, головною причиною глобальної екологічної кризи XX ст. є природоспоживацька

і природопідкорювальна ідеологія людства, що безперервно формувалася протягом усієї історії цивілізації.

Отже, конфлікт між техногенним колообігом унаслідок техногенної цивілізації та біосферним колообігом, у результаті якого народилась людина, є головною причиною глобальної екологічної кризи. Цю думку чітко висловив В.А. Красілов [8]: «Загальна причина соціально-екологічних проблем визначається невідповідністю між технічними можливостями людини та вкрай примітивною стратегією виживання, в якій зростання превалює над стійкістю, а кількість населення – над його якістю. Протягом усього історичного часу ця стратегія призводила до вичерпання ресурсів, загострення конкуренції й конфліктності на індивідуальному та груповому рівнях, які, в свою чергу, стимулювали збільшення кількості й експлуатації ресурсів як способу досягнення переваги над супротивником».

Техноген – сучасний етап геологічної історії, який характеризується інтенсивною діяльністю людини та посиленням її впливу на геологічне середовище, термін запропонований у 1988 р. професором Г.І. Тер-Степаняном. Цей етап розпочався в голоцені і триватиме доти, доки існує людство. Техноген відзначається стрімким посиленням техногенної трансформації геологічного середовища під впливом людини. У результаті погіршується екологічний стан біосфери, збільшується забруднення навколишнього середовища, змінюються умови існування людства, клімат, режим екзогенних геологічних процесів; тобто процеси, що відбуваються без глобальної тектонічної перебудови планети та внаслідок цього змін кліматичних поясів, за своїми темпами й масштабами не мають аналогів у минулому. Глобальні зміни під час льодовикових і міжльодовикових періодів проходили значно повільніше, ніж ті, що виникають у результаті техногенної діяльності.

Із подальшим розвитком людства техногенний вплив на довкілля посилюватиметься внаслідок збільшення чисельності населення, урбанізації та індустріалізації.

До видів техногенної діяльності належать: видобуток корисних копалин та їх обробка, утилізація відходів, промислова і виробнича діяльність, сільське господарство, створення інфраструктури зі зміною первинного стану геологічного середовища тощо. Ці процеси впливають на зміни кліматичних умов, розмаїття біоти, перебудову мезо-, мікро- та наноформ рельєфу, режими екзогенних геологічних процесів, а також підземних вод, інтенсивність акумулятивних і денудаційних процесів, склад і потужність відкладів, що накопичуються, тощо.

Кожен стратиграфічний підрозділ (стратон) є сукупністю гірських порід, які утворюють певну споріднену асоціацію й виокремлюються за ознаками, що дають змогу встановити послідовність їх формування і просторового положення в стратиграфічному розрізі. Загальний об’єм техногенних відкладів у світі, за деякими оцінками, сягає понад 2 тис. км<sup>3</sup> (за оцінкою

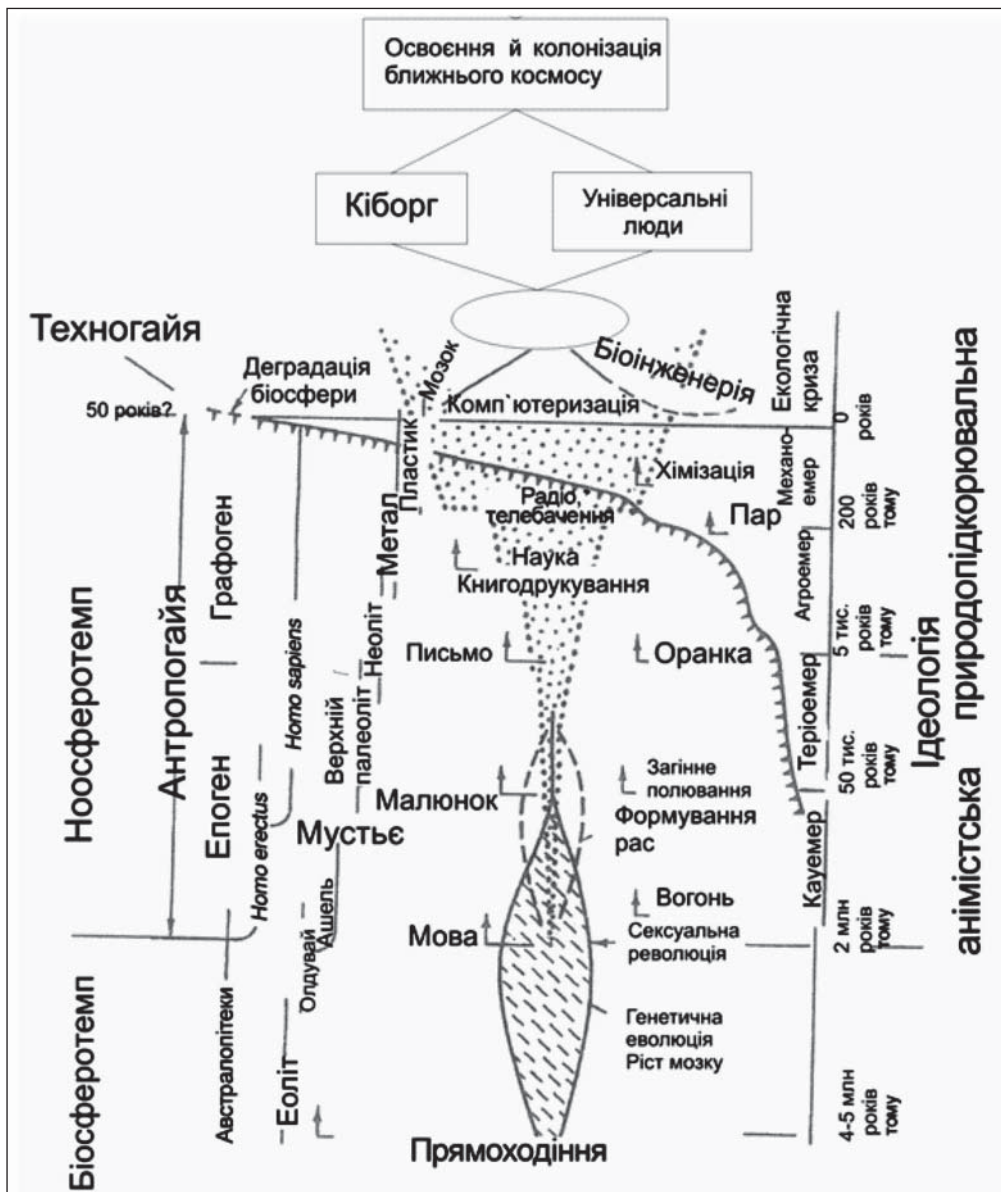


Рис. 5. Схема спрямованої еволюції суспільства і біосфери за останні 2 млн років – деталізація етапу появи розуму (за В.О. Зубаковим).

Зліва – антропологічна та археологічна періодизації, у центрі – еволюція інформації (перехід від генетичної до культурної), справа – ріст тиску розуму на біосферу

1980 р.), у тому числі сформованих у результаті гірничотехнічної діяльності – понад 1600 км<sup>3</sup>. Найбільша їх кількість утворюється в районах великих гірничодобувних комплексів, урбанізованих агломерацій, великих міст. Інтенсивність їх утворення в таких районах надзвичайно висока. Потужність відкладів техногену досягає десятків і сотень метрів. До того ж можна виділити низку ознак, за якими техногенні відклади відрізняються від більш ранніх утворень, а залежно від генезису їх можна поділити на типи. Все це вказує на доцільність виділення техногену як нового стратиграфічного підрозділу, який прийшов на зміну четвертинному періоду.

Техногенними відкладами прийнято називати штучні ґрунти, що утворились у результаті гірничотехнічної, інженерно-будівельної, сільськогосподарської та інших видів людської діяльності. Розрізняють насипні, намивні та змінені на місці техногенні ґрунти. Насипні ґрунти представлені відвалами, які сформовані під час ведення будівельних і земляних робіт, підсіпок тощо, а також ґрунтами культурного шару і твердими відходами різних виробництв. Намивні ґрунти утворюються в процесі перевідкладання природного ґрунту гідромеханізованим способом (вони формують гідровідвали, намивні території, хвостосховища тощо). Техногенні ґрунти, що зазнали

змін на місці, формуються при видобутку корисних копалин методами підземного вилуження, а також у результаті технічної меліорації ґрунтів та інших видів господарської й промислової діяльності.

Характерною ознакою техногену є формування типових форм рельєфу техногенного походження. Починаючи з голоцену, близько 10 тис. років тому, почали формуватись нові форми рельєфу, пов'язані з людською діяльністю. За походженням розрізняють техногенні форми рельєфу, які утворені внаслідок безпосереднього і непрямого впливу людини на земну поверхню. До першої категорії належать вироблені (водосховища, ставки, канали, кар'єри, шахти) та насипні (греблі, дамби, вали, терикони, засипані яри) форми рельєфу; до другої – «оживлені» яри, старі зсуви, просідання ґрунтів у місцях підземних виробок корисних копалин тощо. За віком розрізняють реліктові форми техногенного чи антропогенного рельєфу (кургани, земляні вали), приховані (гірничі виробки) та відкопані (наприклад, стоянки первісної людини).

Отже, людина дедалі більше втручається у природні процеси, що не завжди позитивно впливає на функціонування самого людства. Слід мати на увазі, що швидкість техногенних процесів на кілька порядків вища, ніж природних. Розвиток людської цивілізації досяг стадії, на якій можливо відтворювати природні геологічні процеси та їх масштабність. Деякі з винайдених технологій є надзвичайно потужними, а їх використання може призвести до глобальних змін у організації планети.

### Висновки

1. З усіх сценаріїв розвитку біостратиграфічних чинників Природа реалізувала модель розуму для впровадження аналітичного механізму стану речей у вигляді мозку людини, який на 80% складається з води, а вода – це життєзабезпечувальна субстанція як нашої планети, так і, напевно, планет Сонячної системи. Мозок як джерело розуму на сьогодні є виключно універсальним інструментом, який забезпечує управлінські, інформаційні, технічні та ідеологічно-правові позиції людства. Виходячи з результатів сучасних досліджень людина використовує незначний об'єм можливостей мозку.

2. Людство є носієм технологій та інформації в рамках держав або міждержавних транснаціональних утворень і виступає сьогодні як геологічна сила, яка за масштабами своєї діяльності досягає, а в деяких випадках переважає масштаби природних процесів. Задля практичної мети людина може конвертувати геологічні процеси, впливати як на природне середовище, так і на техносферу. Сьогодні стосовно

біостратиграфічних (біогеологічних) функцій інтенсивно формується техногенна оболонка Землі, яка із зростаючою інтенсивністю забезпечуватиме трансформацію природного простору в техноприродний із подальшою тенденцією до формування безприродного (техногенного) простору.

3. Проаналізувавши основні етапи розвитку життя на планеті Земля і врахувавши останні науково-технічні розробки, слід зауважити, що за схожими сценаріями може розвиватися життя на інших планетах як Сонячної системи, так і Всесвіту.

4. На сьогодні існують такі сценарії техногену:

- шлях посилення техногену, перенаселення планети та жорсткої боротьби за ресурси з усіма наслідками;
- шлях цивілізованої колонізації Космосу та освоєння його ресурсів;
- шлях регулювання населення Землі у відповідності з ресурсами біосфери.

1. Браун Л.Р. и др. Мир восьмидесятих годов // М. – Прогресс. – 1989. – 473 с.
2. Браун Л.Р. и др. XX век. Последние 10 лет, 1990–1991 // М. – Прогресс. – 1992. – 325 с.
3. Будыко М.И. Эволюция биосферы // Л. – Гидрометеиздат. – 1984. – 488 с.
4. Горшков В.Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. – М. – ВИНТИ. – 1990. – Т. 7. – 236 с.
5. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли // Л. – Гидрометеиздат. – 1990. – 526 с.
6. Еськов К. История Земли и жизни на ней: От хаоса до человека // М. – НЦ ЭНАС. – 2004.
7. Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сонин Н.И., Захарова Е.Т. Биология 11 класс. Профильный уровень // Издательство Дрофа. – 2007.
8. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты // М. – Изд-во Института охраны природы и заповедного дела. – 1992. – 173 с.
9. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология // М. – Россия молодая. – 1992. – 367 с.
10. Розанов А.Ю. История становления скелетных фаун // Со-росовский образовательный журнал. – №12. – 1996.
11. Яблоков А. Пробуждение от экологической спячки // Родина. – 1989. – № 4. – С. 65–70.
12. Gore A. Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit // New York: Plume Books. – 1993. – 407 p.
13. <http://www.earthlife.net/images/eury-cell.gif>.
14. [http://www.magazin-kartin.ru/ob\\_iskusstve\\_i\\_ne\\_tolko/prichiny-vymiraniya-dinozavrov](http://www.magazin-kartin.ru/ob_iskusstve_i_ne_tolko/prichiny-vymiraniya-dinozavrov).
15. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Прокариоти>.