

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

УДК 28.8

Зорін Д.О.

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ПРОТЯГОМ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІСТОРІЇ ЗЕМЛІ

Грунтуючись на історико-геологічних, стратиграфічних, палеонтологічних даних та реконструкціях палеогеографічних умов минулого вітчизняними та зарубіжними вченими, пропонується ретроспективний аналіз кліматичних змін протягом геологічних епох від глибокого архею (4 560 млн.р.) до пізнього плейстоцену (14 тис. р.).

Ключові слова: кліматичні зміни, зледеніння, виникнення Землі і Місяця, екстремальні умови, екологічні катастрофи.

Основываясь на историко-геологических, стратиграфических, палеонтологических данных и реконструкциях условий прошлого отечественными и иностранными учеными, предлагается ретроспективный анализ климатических изменений на протяжении геологических эпох от глубокого архея (4 560 млн.л.) до позднего плейстоцена (14 тис. л.).

Ключевые слова: климатические изменения, оледенения, возникновение Земли и Луны, экстремальные условия, экологические катастрофы.

The article is based on the historical and geological, stratigraphic, paleontological data and paleogeographic reconstructions of past conditions of domestic and foreign scientists offered a retrospective analysis of climate change over geological periods of deep Archean (4560 mln.r.) to the Late Pleistocene (14 thousand rub.).

Keywords: climate change, glaciers, origin of the Earth and the Moon, extreme conditions, ecological disaster.

Постановка проблеми в загальному вигляді. В останні роки людство страждає від численних екстремальних ситуацій – катастрофічних паводків, повернення холодів влітку, спекотні періоди, масові зсувні процеси та ін., що завдають не тільки великої матеріальної шкоди, а й призводять до гибелі людей. Все більше вчених схиляються до точки зору, що ці явища є результатом підсилення глобального кліматичного потепління, що пов'язано як з природними так і техногенними чинниками. А як було раніше? Чи виникали такі екстремальні ситуації в геологічному минулому? Чи є якась періодичність, циклічність прояву цих процесів? Чи можна передбачити наступний катастрофічний паводок на Прикарпатті, якщо тільки за минулі 100 років їх було 11? На ці питання потрібно шукати відповідь, тому що вони є актуальними, як в науково-теоретичному так і в практичному аспектах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що проблема глобальних кліматичних змін хвилює не тільки вчених і пересічних громадян, а й керівників держав та громадських і релігійних діячів. Не маючи змоги викласти хоча би частку тих публікацій, які є на цю тему, пошлемося лише на роботи Римського клубу (1972), матеріали світових самітів у Ріо-де-Жанейро (1992), Йоганесбурзі (2002), Києві (2003), на Монреальській і Кіотській протоколи, фундаментальні дослідження Джеймса Ф. Лера (2005), Альберта Гора (2006), Чарлза Волкотта, Волтера і Луїса Альваресів, Річарда Флінта, Луїса Ліки та багатьох інших (табл. 1, рис. 1).

В роботах вітчизняних дослідників П.А. Тутковського (1927), В.Г. Бондарчука (1948), С.О. Мороза (1992), М.Ф. Веклича [2], І.В. Мельничука [5], Ж.М. Матвіїшиної [4], Н.П. Герасименко [3], О.М. Адаменка [1], Г.І. Рудька [7], Л.В. Міщенко [6] та багатьох інших є детальні матеріали з проблем глобальних кліматичних змін та спроби періодизувати ці процеси для прогнозів та попередження їх катастрофічних наслідків.

Виклад основного матеріалу. Упродовж останніх 200 років учені докладно вивчали земні надра, видобули з них рештки найдавніших тварин та рослин і таким чином відтворювали історію нашої планети. У нашій Сонячній системі Земля утворилася близько 4560 млн. (4,56 млрд.) років тому і мала вигляд розжареного каменистого тіла. Примітивне життя вперше виникло приблизно 4000 млн. років тому в океанах, а звідти почало поширюватися повсюди, дедалі урізноманітнюючись, проте його еволюційний шлях був зовсім не легкий. Природні умови Землі постійно змінювалися під впливом вулканічних сил, метеоритних ударів та кліматичних коливань, і життя нерідко зазнавало серйозних загроз, іноді з катастрофічними наслідками. Тож за свою історію наша планета пережила багато незвичайних подій, та й попереду їх очікується ще чимало.

Геологи використовують дані з багатьох джерел, що допомагає їм відтворити довгу історію Землі і зрозуміти, яку частину вона становить від набагато тривалішої історії Всесвіту. Важлива інформація про ранню історію Землі надходить з позаземних джерел, таких як метеорити та інші тіла Сонячної системи. Дослідження гірських порід, мінералів та скам'янілостей, що залягають на поверхні, дають змогу судити не тільки про будову верхнього шару земної кори, а й про склад значно глибших пластів. Такі дослідження до того ж дають інформацію про кліматичні й атмосферні коливання, про геологічні події (потужні рухи земної кори та інше) та про еволюцію життя на планеті.

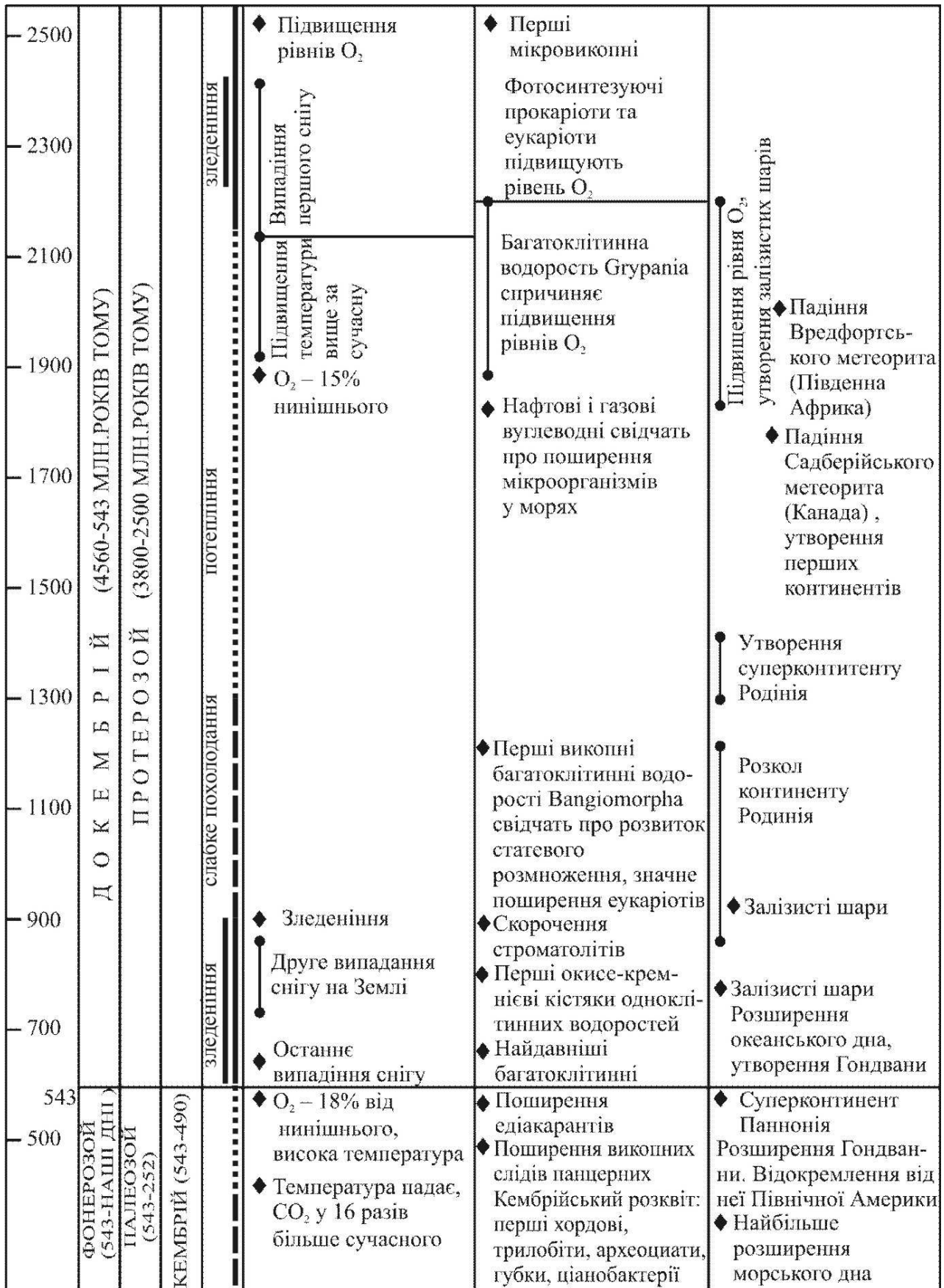
Деякі породи складаються з послідовних шарів (пластів), що утворилися внаслідок природних процесів. Відносно молоді шари залягають над давнішими. Геологи порівнювали (кориливали) пласти по всій Земній кулі, досліджували яскраво виражені скам'янілості й типи порід, і створили так звану стратиграфічну шкалу, яка відтворює всю історію Землі. Робота ускладнювалася тим, що внаслідок руху плит у послідовності відкладів утворилися перерви.

Скам'янілості – це рештки стародавніх біологічних форм, поховані внаслідок геологічних процесів у пластах гірських порід. Це можуть бути і пилок рослин і кістяки велетенських динозаврів чи китів. Біологічні форми зберігаються по-різному, і скам'янілості являють собою численні сліди їхньої минулої життєдіяльності (нори, відбитки кінцівок) або фізіологічної хімії (біомолекули), або ж включення тіл комах в бурштину. Втім, по таких слідах іноді важко судити з точністю про ті чи інші організми. Однак викопні сліди підтверджують, що життя зародилося в морях приблизно 4000 млн. років тому, і за сотні млн. років воно поступово поширилося повсюдно – на суходолі, у прісних водоймах та у повітрі. Найбільше таких слідів залишилося після морських організмів з твердими оболонками, наприклад, у вигляді черепашок. Вивчаючи процеси поховання та скам'яніння, вчені знаходили рідкісних представників викопних тварин, у котрих збереглися і м'які частини тіла. Наприклад, завдяки скам'янілостям кембрійського періоду, виявленим у Берджес-Шейл у Західній Канаді, можна скласти уявлення про розмаїття стародавніх життєвих форм та про їх біологію.

До появи радіодатування (початок ХХст.) не існувало жодного ефективного способу визначення віку мінералів, гірських порід та скам'янілостей. Відкриття радіоіотопів деяких елементів (свинцю, вугілля та циркону) у складі мінералів, гірських порід, метеоритів і скам'янілостей, залежно від ступеня їх розкладання, дало змогу визначати вік мінералів. Можливості радіодатування обмежені, бо залежать від виду елемента. Наприклад, за допомогою радіовуглецевого методу, що застосовується переважно для датування четвертинних відкладів, можна визначити вік тільки тих мінералів, що налічують до 50 000 років.

Основні геологічні події в історії Землі, що привели до формування її біосфери

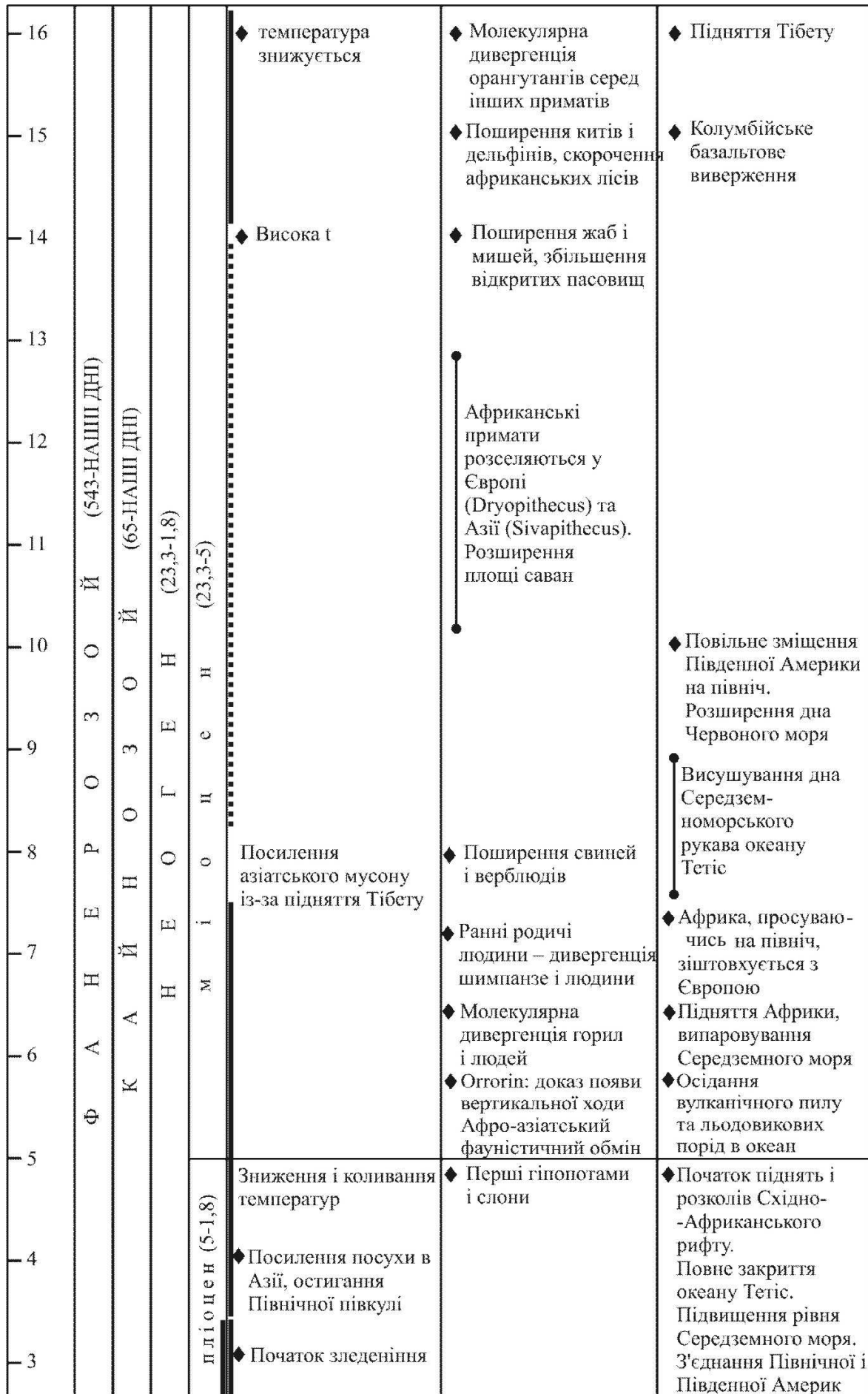
Геологічний вік					Історія Землі і біосфери		
Абсолютний, млн. р. тому	Відносний - стратиграфічна шкала				Клімат	Життя	Геологічні події
	Еон	Ера	Період	Епоха			
4560	ДОКЕМБРИЙ (4560-543 МЛН.РОКІВ ТОМУ)	АРХЕЙ (3800-2500 МЛН.РОКІВ ТОМУ)	ГЛИБОКИЙ АРХЕЙ (4560-3800)	похолодання	Земля охолоджується, утворюються первісні океани	Перші органічні молекули	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Утворення Землі ◆ Планетезимальне бомбардування, розділення шарів Землі, утворення Місяця (найдавніша місячна порода – 4450 млн. р.), найдавніші мінерали (циркон) ◆ Найдавніша гірська порода (Канада) Важке метеоритне бомбардування (у 150 разів більше за нинішнє)
4300					Внаслідок метеоритного бомбардування первісні океани випаровуються		
4100				потепління	Високі температури поступово знижуються	Перші хімічні скам'янілості: вугілля з морських бактерій	Подушечні лави свідчать про появу води
3900				слабке похолодання		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Найдавніші строматоліти (Австралія) ◆ Мікроскопічні нитки і сфероїди 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Циркон свідчить про континентальну кору ◆ Перше утворення залізного шару
3700				похолодання	Температура швидко знижується до рівня в середньому нижче нинішнього	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Перші прокаріоти та еукаріоти (хімічні скам'янілості) 	
3500							
3300							
3100							
2900							
2700							
2500							

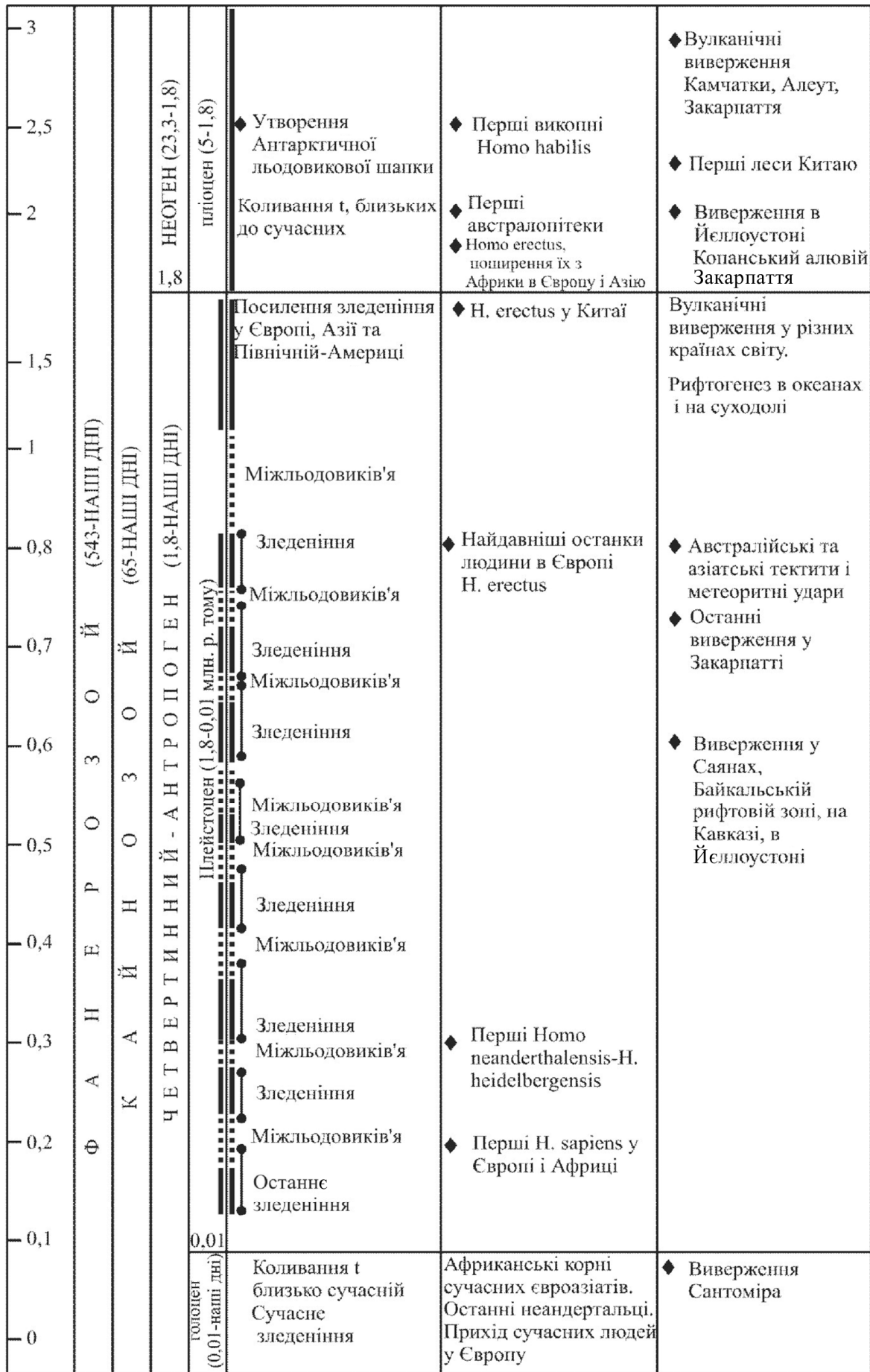


— 490	Ф А Н Е Р О З О Й (543-НАШІ ДНІ)	П Л Л Е О З О Й (543-252)	КЕМБРІЙ (543-490)		◆ Конадонти (морські вуглеподібні хордові і безщелепні риби)	Обертання Гондвани до Південного полюса		
— 480			ОРДОВИК (490-443)	◆ CO ₂ у 16 разів нижче сучасного, температура підвищується	◆ Перші панцирні безщелепні риби			
— 470					◆ Температура знижується	◆ Перші наземні виковні тріофіти (мохоподібні)		
— 460					◆ CO ₂ у 17 разів перевищує нинішній рівень	◆ Перші прісноводні тварини (двопарноногі)	◆ Початок зледеніння та зниження рівня моря	
— 450			443					
— 440			СИЛУР (443-418)	◆ Зниження CO ₂ і температури	◆ Масове (до 50%) вимирання морських видів	◆ Зледеніння Гондвани		
— 430					◆ Поширення перших щелепних риб	◆ З'єднання Лаврентії з Балтикою, підвищення рівня моря та найбільше затоплення континентів, більшість яких – у Південній півкулі		
— 420			418	◆ Підвищення температури	Перші наземні судинні рослини Cooksonya			
— 410			ДЕВОН (418-354)	◆ Температура продовжує підвищуватись	◆ Перші власне наземні тварини: трипарноногі (членистоногі)	Злиття Лаврентії, Авалонії та Балтики в Лауруссію		
— 400					◆ Перші безкрилі комахи: кліщі, псевдоскорпіони, павуки			
— 390	◆ Безщелепні риби перебираються у прісну воду							
— 380	◆ Перші деревоподібні рослини заввишки 2-3м							
— 370		◆ Температура вище нинішньої; CO ₂ у 12 разів більше, O ₂ – 15% від сучасного	◆ Найдавніші четвероногі. Перші ліси					
— 360			◆ Вимирання					
— 350		354						

354	П А Л Е О З О Й (543--252)	К А Р Б О Н (354-290)	рання, місіпська (354-323)	Зниження температури до нинішнього рівня	◆ Тулерпетон (найближчий родич амніотів)	◆ Зниження рівня моря (пов'язане із зледенінням)
350				Висока температура (в середньому 20°)	◆ Перші земноводні, амніоти, таргани ◆ Початок поширення тропічних вугленосних лісів	Лаврентія простягається за екватор
340	П А Л Е О З О Й (543--252)	К А Р Б О Н (354-290)	Пізня, пенсільванська (323-290)	Зниження температури	◆ Перші пелікозаври (ссавцеподібні плазуни)	Гондвана обертається за годинниковою стрілкою. Морське дно розширюється. Гондвана з'єднується з Лаврентією і Балтикою. Великі відкладення вугленосних глинистих сланців. Зледеніння Південного полюса і зміщення Гондвани на північ
330				Рівень O ₂ високий ◆ Низька температура (10°)		Великі відкладення вугленосних глинистих сланців. Зледеніння Південного полюса і зміщення Гондвани на північ
320	П А Л Е О З О Й (543--252)	П Е Р М (290-252)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Підвищення CO ₂ Температура вище сучасної	◆ Перші цінодонти (теплокровні хребетні) ◆ Найбільше вимирання (90%) на морі і на суші	◆ Сибір зіштовхується з Балтикою, утворюються Уральські гори В Лаврентії утворюються великі пустелі
310						
300	П А Л Е О З О Й (543--252)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
290						
280	М Е З О З О Й (252-65)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
270						
260	М Е З О З О Й (252-65)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
250						
240	М Е З О З О Й (252-65)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
230						
220	М Е З О З О Й (252-65)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
210						
200	М Е З О З О Й (252-65)	Т Р І А С (252-199,5)	Пізня, пенсільванська (323-290)	◆ Висока (19°) температура, зниження CO ₂	◆ Перші динозаври, перші мухи ◆ Перші примітивні ссавці. Перші акули ◆ Вимирання	◆ Перший розкол Пангеї ◆ Утворення океану Тетіс між Балтикою і Гондваною
200						

200	Ф А Н Е Р О З О Й (543-НАШІ ДНІ)	М Е З О З О Й (252-65)	199,5	ЮРА (199,5-142)	◆ O ₂ -15%. Температура перевищує теперішню	◆ Перші примітивні шепели у ссавців	Суперконтинент Пангея продовжує розколюватись.																					
190			142		Рівень CO ₂ – у 3-4 рази перевищує нинішній			◆ Перші птахи-археоптерікс	Утворення Атлантики і Південної Америки.																			
180										◆ O ₂ -22%.	Відокремлення Мадагаскару від Африки.																	
170												◆ Перший пілок у квіткових рослин, перші пернаті динозаври, перші плацентарні ссавці	Відокремлення Індії від Австралії та Антарктиди, Південної Америки від Африки, найбільше розширення морського дна															
160														◆ CO ₂ – в 4 рази вище, температура 17,5°	◆ Перші змії	Відокремлення Австралії від Антарктиди. Утворення великих крейдяних відкладів у океані Тетис. Швидке зміщення Індії на північ. Розкол Лавразії. Утворення Північної Атлантики і Південного океану												
150																	◆ CO ₂ – в 2 рази вище, температура (середня) 18°	◆ Перші ссавці-примати	◆ Чиксулубський метеорит Деканські трапи (Індія)									
140																				Середня t = 17°, CO ₂ – в 2 рази вищий O ₂ – 27%	◆ Перші кити	Зростання вулканічної діяльності у Тетисі						
130																							Середня t = 16° Збільшення Антарктичного льодовикового щита	◆ Найбільш ранні антропоїди (Eosimias)	Початок утворення Альп і Карпат. Розділ Аравії і Африки Червоним морем			
120																										t коливається близько сучасного рівня O ₂ -23%.	◆ Перші травоядні ссавці, співочі птахи, молекулярна дивергенція приматів серед давніх мавп	Зіткнення Індії з Азією, утворення Гімалаїв.
110																												
100	◆ Перші ссавці-примати	◆ Чиксулубський метеорит Деканські трапи (Індія)																										
90			◆ Перші кити	Зростання вулканічної діяльності у Тетисі																								
80					◆ Найбільш ранні антропоїди (Eosimias)	Початок утворення Альп і Карпат. Розділ Аравії і Африки Червоним морем																						
70							t коливається близько сучасного рівня O ₂ -23%.	◆ Перші травоядні ссавці, співочі птахи, молекулярна дивергенція приматів серед давніх мавп	Зіткнення Індії з Азією, утворення Гімалаїв.																			
60										◆ O ₂ – 23%. t близька сучасній	◆ Поширення гіппаріонів у Північній Америці, а потім в Євразії і Африці	Ефіопське базальтове виверження.																
50													Середня t = 16° Збільшення Антарктичного льодовикового щита	◆ Найбільш ранні антропоїди (Eosimias)	Початок утворення Альп і Карпат. Розділ Аравії і Африки Червоним морем													
40																t коливається близько сучасного рівня O ₂ -23%.	◆ Перші травоядні ссавці, співочі птахи, молекулярна дивергенція приматів серед давніх мавп	Зіткнення Індії з Азією, утворення Гімалаїв.										
30																			◆ O ₂ – 23%. t близька сучасній	◆ Поширення гіппаріонів у Північній Америці, а потім в Євразії і Африці	Ефіопське базальтове виверження.							
20																						◆ Перші ссавці-примати	◆ Чиксулубський метеорит Деканські трапи (Індія)					
18																								◆ Перші кити	Зростання вулканічної діяльності у Тетисі			
17	◆ Найбільш ранні антропоїди (Eosimias)	Початок утворення Альп і Карпат. Розділ Аравії і Африки Червоним морем																										





..... потепління ————— слабке похолодання ————— похолодання ————— зледеніння

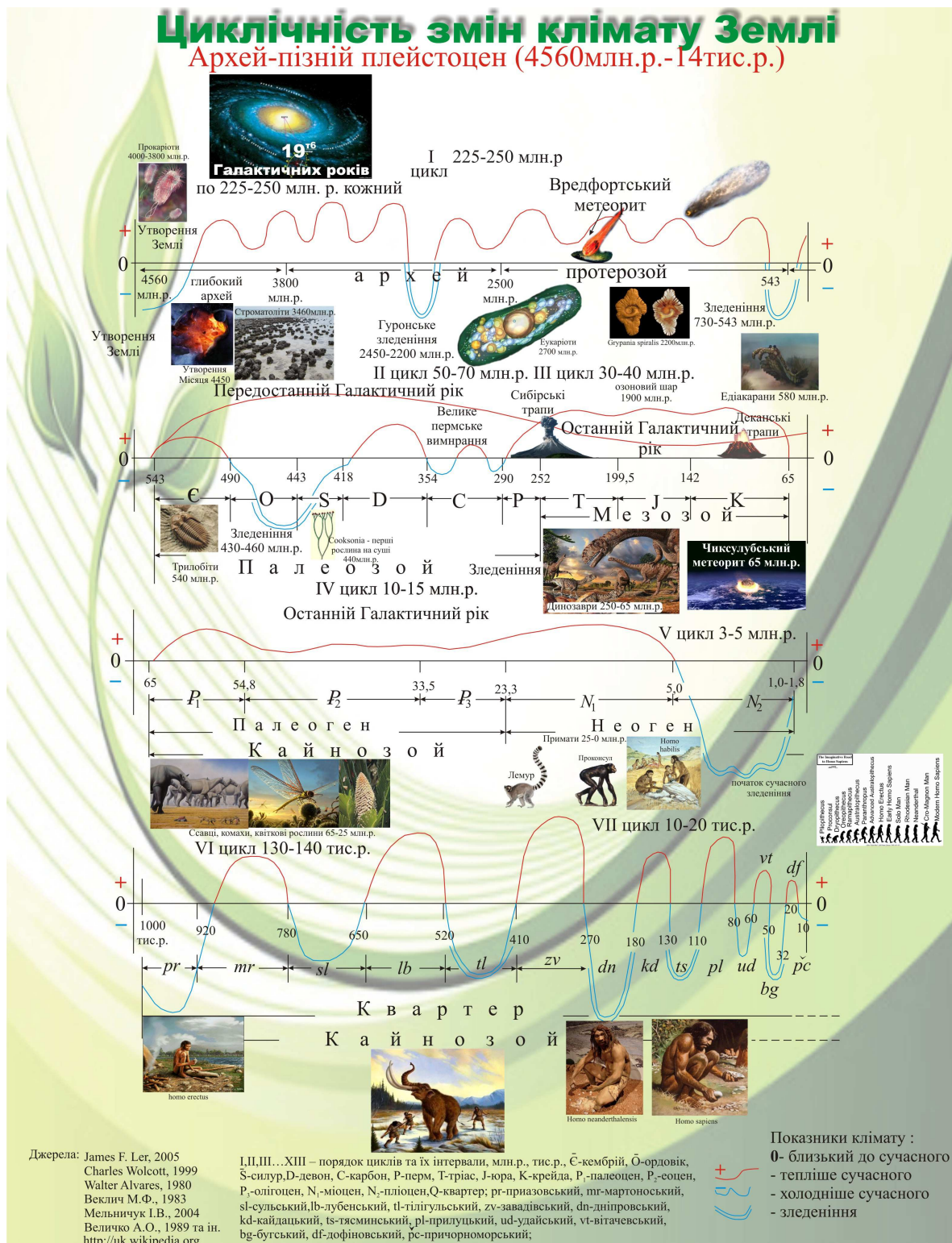


Рис. 1. Циклічність змін клімату Землі. Архей-пізній плейстоцен (4560 млн р. - 14 тис. р.)

Докембрійська Земля. Докембрійський еон вважали своєрідною геологічною terra incognita, що невідомо коли виникла і не залишила після себе жодних викопних слідів. Тільки в 1956р. Клер Патерсон визначив вік Землі і метеоритів – 4 560млн. років. Відтоді було виявлено скам'янілості, вираховано вік порід, розгадано таємницю виникнення Сонячної системи. Відомо, що в ранній історії Землі відбулося чимало катастрофічних змін.

Близько 4 500 млн. років тому планетне тіло завбільшки з Марс зіткнулося з Землею, відколовши від неї величезну масу породи. Уламки утримувані силою земного тяжіння, спочатку були розплавлені і обертались навколо Землі у вигляді кільця, потім охопили і зрослися шляхом акрецій, утворивши супутник – Місяць. Первісне нарощування суходолу і відокремлення мантиї від ядра, що супроводжувалося метеоритними бомбардуваннями, завершилось утворенням місячного вигляду Землі. Найдавніші кристалічні породи знайдені у Західній Австралії і мають вік 4 400-3 900млн. років, що визначено по мінералу циркону. Перед тим Земля ще продовжувала перебувати в стадії акреції: із космічної матерії виникло велике тіло, всередині якого утворилась розплавлена рухома речовина. Важкі елементи осідали в ядро, легкі піднімалися у мантию, а найлегші утворили земну кору. Після формування земних пластів утворилися первинна атмосфера та океани, де, ймовірно, і виникло життя. Однак нові метеоритні бомбардування, що залишили глибокі сліди на поверхні Місяця, спустошили і Землю, спричинивши розплавлення земних порід. Атмосфера й океани утворилися 3800-4000 млн. років тому. Збереглися й сліди перших викопних, хоча тодішні біологічні форми потерпали від браку кисню і надмірної кількості інтенсивного ультрафіолетового опромінення, оскільки над ними не було захисного озонового шару. Атмосфера й океани не одразу набули свого нинішнього вигляду. Температури на поверхні поволі знижувалися, поступово накопичувався кисень, оскільки зростала кількість фотосинтезуючих мікроорганізмів, що виділяли кисень; збільшувався і захисний озоновий шар – цьому сприяло випаровування води, внаслідок чого кисень та озон піднімалися у верхні шари атмосфери. Ще задовго до утворення атмосфери в океанах осідали шаруваті поклади залізної руди (майбутні джеспіліти типу Кривого Рогу) внаслідок окиснення.

Докембрійський еон ділиться на такі ери: глибокий архей, архей і протерозой. Внаслідок процесів у надрах Землі в одних місцях утворювалися нові гірські породи океанського дна, а в інших вони руйнувалися. Також збільшилися континенти й почали рухатися літосферні плити. Тоді ж почали розвиватися різноманітні морські мікроорганізми. Подальші вулканічні виверження, падіння уламків космічних тіл і кліматичні зміни спричинили появу зледенінь. Але, попри негативні наслідки, саме ці події сприяли еволюції.

В еру глибокого архею метеоритним бомбардуванням були знищені первинна атмосфера, первісні океани та життя.

Судячи з віку місячних гірських порід і численних кратерів на його поверхні, через 600 млн. років після їх утворення, Місяць і Земля зазнавали неабияких бомбардувань з космосу. На Місяці збереглися метеоритний кратер Айткен діаметром понад 2 500км, однак Земля, що перевершує Місяць і розмірами, і силою тяжіння, пережила бомбардування значно більшої руйнівної сили. В результаті на ній плавилась гірські породи, гинуло життя і руйнувалась первинна атмосфера. Внаслідок вулканічних процесів, що виділяли азот, вуглекислий газ і водяну пару, виникла вторинна атмосфера. Під дією ультрафіолетових променів «сонячного вітру» пара розщеплялась на водень, кисень і озон.

В наступну, архейську еру, накопичувалася водяна пара, що вивергалася з вулканів. Із неї утворилися океани, вміст солі в яких підвищувався. З нагромаджень менш щільних кремнеземних мінералів сформувалася верхня частина земної кори. А в результаті безперервних подальших вулканічних вивержень виникали нові поверхневі породи. Оскільки внаслідок акреції Земля перестала розширюватися, охолоті й щільніші

первісні породи осіли й утворили нові гірські породи. Земна кора розкололася на кілька літосферних плит, що сходилися й розходилися. Менш щільні породи стали основою континентів, а щільніші – океанського дна.

Найдавніші сліди життя на Землі збереглися у вуглецевмістних рештках метаморфічних порід у Гренландії, що утворилися 3800 млн. років тому. Вони виникли понад 4000 млн. років тому з живих організмів – ймовірно, водних прокариотів (бактерій), що поглинали променевою енергією Сонця. В клітинах цих одноклітинних організмів немає структур (як-от ядро), котрі мають більш розвинені організми. Невідомо, як ці перші життєві форми пережили руйнівні метеоритні бомбардування: не виключено, що життя зароджувалося двічі або ж його було занесено на Землю з космічними тілами.

Близько 3460 млн. років тому фотосинтезуючі мікроорганізми зросталися на теплих мілководдях у горбки, так звані строматоліти, тим часом як інші мікроорганізми, що поглинали хімічні речовини, виникли з підводних гарячих джерел. Хімічні викопні свідчать, що перші еукаріоти (організми, клітини яких уже мали ядро) утворилися близько 2700 млн. років тому, хоча вік перших викопних слідів їх існування – 2200 млн. років.

Близько 2700 млн. років тому примітивні фотосинтезуючі організми почали виробляти кисень, який спершу окислював залізо в океанах, потрапляючи в атмосферу лише частково. 2200 млн. років тому рівні кисню не перевищували 1 % від нинішніх (сьогодні кисень становить 21% від об'єму атмосфери), а 1900 млн. років тому рівні кисню вже досягли 15% від нинішніх. Мікроорганізми з низьким вмістом кисню пристосовувались до нових умов, зариваючись в осадові породи. Коли рівень кисню досяг 2%, почалося утворення озонового шару, який затримував зовнішнє ультрафіолетове випромінювання, особливо шкідливе для ДНК. Близько 1900 млн. років тому озоновий шар повністю сформувався. У насиченій киснем атмосфері, захищеній озоновим щитом, склались сприятливі умови для бурхливого розвитку нових життєвих форм, і Землю заселили фотосинтезуючі організми.

Після смерті організмів і розкладення їх тканин органічні хімічні речовини (вуглеводні), з яких ті склалися, попадали в осадові породи. Це – хімічні викопні, з яких утворились рухомі нафта і газ. З допомогою мікроскопу і аналізів можна дізнатись, від яких організмів залишилися ці викопні.

Ниткоподібні та змієподібні мікророзкопні з Мічигану (США) *Grypania* довжиною до 20см налічують 2200 млн. років. Вони належать до перших викопних решток еукаріотів. Ці організми, ймовірно, мали багатоклітинну структуру, хоча чіткі скам'янілості перших багатоклітинних утворилися 1200 млн. років тому у вигляді червоної водорості *Bangiomorpha* в Північній Канаді. Багатоклітинна будова цих мікроскопічних організмів свідчить про певну спеціалізацію, а структури вказують на те, що вони розмножувалися статевим шляхом. Близько 1000 млн. років тому, наприкінці протерозойської ери, в еволюції еукаріотів стався «великий вибух» – склалися умови, сприятливі для появи більших і різноманітніших організмів. З'явилися багатоклітинні, здатні до статевого розмноження (у Китаї знайдені викопні зародки віком 600 млн. років). Раніше вважалося, що саме розвиток функції статевого розмноження з обміном генетичного матеріалу спричинив таке розмаїття. Однак тепер відомо, що це припущення хибне, оскільки бактерії теж обмінюються генетичним матеріалом. Можливо, причиною є здатність багатоклітинних до зростання, хоча деякі їх клітини вже виконували певні функції. Близько 580 млн. років тому з'явилися перші великі тваринні викопні (так звані едіакарани) і перші панцирні (*Cloudina*), рештки котрих було знайдено в утворених 555 млн. років тому морських відкладах у Намібії.

Сьогодні є чимало доказів на підтвердження теорії про те, що в докембрійі Земля зазнавала зледеніння. Льодовикові шапки простягалися від полюсів до тропіків. Щоб переконатися в тому, що в низьких широтах теж було зледеніння, необхідно довести, що в тропічних зонах залишилися льодовикові відклади. Результати досліджень магнітноорієнтованих мінералів у складі докембрійських льодовикових відкладів по всій

Земній кулі свідчать, що 730-580 млн. років тому було кілька зледенінь (у періоди між ними льодовики відступали) і що перше з них сталося приблизно 2450-2200 млн. років тому. Цю теорію підтверджує наявність типових для низьких широт карбонатних відкладів, що залягають безпосередньо над льодовиковими. Наявність в океанах осадових залізистих утворень свідчить про те, що в той час переважали характерні для льодовикових епох умови кисневого голодування. Причину такого явища точно не встановлено. Існує думка, що зледеніння були пов'язані з процесом утворення континентів у тропічних областях у результаті збільшення кількості відбитого від планети світла і глобального похолодання.

580-543млн. років тому існували едіакарани – це докембрійські викопні, що належать до групи морських організмів. Вони вважаються першими відомими тваринами. Довжина їх тіла сягала понад 2м, а самі вони нагадували медуз, хоча їх споріднення з сучасними групами тварин не встановлено. Форми едіакаран були різні (плоскі дископодібні й листоподібні), деякі мали дископодібні відростки, інші ж були вкриті химерними візерунками. Відомо більше 100 видів цих м'якотілих організмів. Едіакарани з'явилися після зледеніння і розвивалися після танення льодовиків. Вони жили в осадових породах, тож їхні покривні тканини були твердими.

Палеозойська ера. Палеозой означає «стародавнє життя». У ті часи з'явилися численні панцирні викопні й почали розвиватися наземні рослини. Але внаслідок величезної катастрофи наприкінці пермського періоду з лиця Землі було стерто 90% життя.

У результаті руху літосферних плит форма континентів змінювалася, утворювалися нові океани, а дно давнього океану зазнавало процесів субдукції. У палеозойську еру більшість континентів з'єдналися, утворивши суперконтинент Гондвана, який з часом змістився з Південної півкулі на північ і перетворився на більший суперконтинент — Пангею, що наприкінці палеозою простягався вже від полюса до полюса.

У середині XIX ст. на підставі викопних знахідок вважалося, що життя зародилося на початку кембрію з появою різноманітних морських організмів – губок і трилобітів з мінералізованими панцирами та кістяками. Але тепер відомо, що життя виникло набагато раніше, оскільки викопні сліди перших панцирних тварин виявлено в породах пізнього докембрію. Однак і досі вважається, що різноманітні панцирні з'явилися на початку кембрію. Основна частка цих викопних – це крихітні молюски і панцирні членистоногі (тварини з парними зчленованими кінцівками). Ймовірно, тоді і справді відбувся бурхливий розквіт життя. Однак деякі вчені це заперечують. Найпевніше тому, що у багатьох організмів з'явилися панцирі й тверді частини тіла, захищені краще, ніж м'які. Викопні знахідки кембрійського періоду в Китаї, в канадському Берджес-Шейлі й на півночі Гренландії свідчать, що вже тоді існувало безліч членистоногих, як і ареалів різних тварин. Можливо, ці організми існували і в пізній докембрій, а кембрійський розквіт лише підтверджує їхню життєстійкість. Втім, до кембрійського періоду належать численні викопні знахідки, які свідчать про появу основних груп морських безхребетних, чимало з яких згодом вимерли (трилобіти, конодони і граптоліти). Останні знахідки в Китаї підтверджують, що в кембрії з'явилися і перші рибоподібні тварини із зачатками хребта (жорстким хрящем – так званою спинною струною). Але всі життєві форми зустрічалися лише у морях; у прісних водоймах і на суходолі захищених організмів не було, хоча мікроорганізми, найпевніше, встигли вже заселити і ці середовища.

Оскільки в скам'янілостях збереглися мінералізовані тверді частини (панцирі, кістяки й зуби), важко об'єктивно судити про ті чи інші форми життя. У морській фауні кембрію і силуру переважали організми, яких нині немає або їх кількість істотно зменшилась. Найпоширенішими панцирними були брахіоподи, подібні до двостулкових молюсків, але не схожі на них за структурою. Двостулкові молюски і ліпариси існували й тоді, але особливо поширені були їхні плавучі родичі – цефалоподи (кальмароподібні

тварини), як і повзучі трилобіти, плаваючі конодонти та граптоліти, що нині вимерли. У теплих морях і на мілководдях поширювалися коралові рифи, губки, листоподібні тварини – так звані бріозони, вапнякові водорості, членистоногі та черви. Втім, після них збереглися лише нірки.

Знахідки у вигляді відшліфованого льодовиками каміння, винесених льодовиками брил та інших льодовикових відкладів у породах пізнього ордовика в Північній Америці, судячи з усього, пов'язані з суворим кліматом. Однак дослідження залізистих тіл, зорієнтованих магнітним полем Землі в ордовіцький період, свідчать, що ці породи сформувалися ближче до Південного полюса, а потім почали рухатися разом з плитами під дією тектонічних процесів. Африка і Південна Америка, обидві частини суперконтиненту Гондвана, були вкриті льодовиками і полярними льодовими шапками. Різка зміна клімату і зниження рівня моря наприкінці ордовика призвели до масового вимирання тварин і 50% видів морських організмів.

Скам'янілі сліди прісноводних членистоногих та спор примітивних мохоподібних рослин, виявлені в ордовіцьких відкладах, свідчать про зародження життя на суходолі. У силурі з'явилися пряморослі (судинні) рослини, такі, як *Cooksonia*, що, як і раніше, розмножувалася лише у водному середовищі, та дрібні членистоногі, котрі живилися розкладеними рештками собі подібних. У ранньому девоні виникло величезне розмаїття наземних рослин і тварин, а в пізньому девоні перші ліси вкрили низинні припливно-відпливні зони узбереж, що кишіли рибою. У деяких риб вже сформувалося по дві пари кінцівок (це були перші четвероногі), і в пошуках корму вони вибиралися на суходіл, хоча розмножувались у воді.

Характерна для кожного континенту послідовність нашарувань гірських порід свідчить про те, що в палеозої відбулася різка зміна клімату — від охолодження морських вод в ордовіку й поширення пустель у девоні до утворення тропічних морів у кам'яновугільний період (в місісіпську епоху), тропічних дощових лісів (у пенсільванську епоху) та утворення пустель у пермській період. Послідовні зміни клімату пояснюються не кліматичними коливаннями, а рухом континентів, спричиненим зміщенням літосферних плит. Так, між ордовіцьким і пермським періодами Північна Америка (на Лаврентійській плиті) змістилася з Південної півкулі у Північну.

Ранні суходільні четвероногі були саламандроподібними тваринами завдовжки близько 1м. Відомо, що в період розмноження вони повертались у воду. Ближче до середини кам'яновугільного періоду почали розвиватися групи земноводних тварин і тих, що більше нагадували плазунів. Вони були завдовжки 2-3м і нагадували крокодилів та ящірок. Однак вони не відкладали на суходолі вкриті оболонкою (амніоном) яйця. У період від пізнього кам'яновугільного до пермського часу з'явилося чимало різних видів плазунів, які заселили суперконтинент Пангею. Деякі з них, напевно, еволюціонували в динозаврів, інші – в черепах і ссавців.

Наприкінці пермського періоду в результаті найбільшого масового вимирання зникло 90% живих організмів (60% родів). Серед вимерлих груп були палеозойські корали, трилобіти і водяні скорпіони. Значно зменшилася кількість багатьох суходільних тварин і таких організмів, як голкошкірі криноїди (морські лілії), брахіоподи, молюски та ліпариси.

Геологи намагалися знайти якусь тому причину. Було висунуто припущення, що масове вимирання наприкінці пермського періоду спричинене падінням гігантського метеорита. Вимирання збіглося з потужними викидами лави та вулканічних газів у Сибіру (сибірські трапи), що вплинули і на глобальну зміну клімату. Крім того, доведено, що у той період в океанах бракувало кисню, внаслідок чого були розірвані живі ланцюги і вимерло багато груп тварин. Причиною пізньопермського вимирання могли стати раптові потужні викиди вуглекислого газу із замерзлих згромаджень метану – газових гідратів, що залягали пластами криги у відкладах океанського дна.

Мезозойська ера (або «середнє життя») тривала 187 млн. років, включаючи тріасовий, юрський та крейдяний періоди. Мезозой знаходиться між двома епохами вимирання (друга відома як крейдяне вимирання). Мезозой ще називають ерою плазунів, оскільки в ті часи їх було найбільше: динозаври панували на суходолі, іхтіозаври – в морях, а птерозаври – у повітрі.

Вимирання і руйнування палеозойських рифів у кінці пермського періоду вплинули на розвиток морського життя: з'явилися нові коралові рифи і морські тварини, були відновлені живильні ланцюги. Брахіоподи еволюціонували в більш життєстійких двостулкових і червононогих молюсків. Саме тоді з'явилися кісткові й хрящові риби, зокрема акули – головні хижаки.

Правда деякі дані свідчать про більш ранню появу акул. Вчені використовують для цього так званий молекулярний годинник. Визначаючи генетичну подібність між живими групами і враховуючи еволюційний процес, можна визначити час їхньої дивергенції. За такими розрахунками, акули з'явилися 528 млн. років тому, а перші викопні знайдені у відкладах віком 385 млн. років. Цю невідповідність пояснюють неповнотою геологічного літопису, тобто браком палеонтологічних знахідок. А можливо, що і в молекулярному годиннику не все працює добре.

Водні простори опанували нові морські плазуни, черепахи й крокодили, що жили поруч з вимерлими згодом плезіозаврами, дельфіноподібними іхтіозаврами та мезозаврами.

Наприкінці пермського і на початку тріасового періоду зникли палеозойські рослини (папороті, плауни і хвощі), натомість з'явилися нові групи, включаючи хвойні, що розмножувалися за допомогою насіння з шишок. Хвойні, а також цикадові та саговникові бенетити переважали в юрський і крейдяний періоди. Більшість цикадових, котрі теж мали насінневі шишки, поширилися навіть у полярних областях, коли ті ще не були вкриті кригою. В крейдяний період почали розвиватися квіткові (покритонасінні) рослини. Вони мали деякі особливості, властиві іншим мезозойським рослинам, як-от квіткові репродуктивні структури, що їх мали бенетити (незапліднене насіння містилося в них у плодолистику).

Протягом 150 млн. років, з пізнього тріасу до кінця крейдяного періоду, на суходолі панувати плазуни. До найпоширеніших груп належали динозаври, об'єднані в 900 родів, від двоногих, завбільшки з ворону, до найбільших чотириногих завдовжки до 34м.

У 1842р. було встановлено, що динозаври належали до груп вимерлих плазунів, які пересувалися на зігнутих ногах (на відміну від сучасних плазунів, в яких лапи широко розставлені). Чимало великих динозаврів жили рослинами, оскільки мали довгу шию, що давало їм змогу дотягуватися до верхівок мезозойських дерев. У ті ж часи жили й такі велетенські м'ясоїдні хижаки, як юрські алозаври завдовжки до 12м.

У мезозої динозаври заселили більшу частину доступних місць проживання. Існували два типи динозаврів: перші за будовою таза були подібні до птахів, другі нагадували плазунів. До останнього типу належала група так званих манірапторанських динозаврів (деякі з них були оперені), причому до однієї з крейдяних груп цих дрібних хижаків, імовірно, належали й предки птахів.

Ссавці (4250 видів) і птахи (9000 видів) належать до двох груп теплокровних хребетних, поширених в кайнозойську еру. Хоча плазунів тоді теж не бракувало (6000 видів), більшість із них були менші за ссавців. Викопні знахідки підтверджують, що ссавці і птахи походять від плазунів раннього мезозою, а формувалися вони в пізньому тріасі та юрському періодах. Судячи із скам'янілих слідів, обидві ці групи поширилися лише після крейдяного вимирання, коли зникли деякі ранні ссавці і багато представників найрозвиненіших груп пернатих. Однак відразу після мезозойської ери, в палеоценову епоху, з'явилося багато різних груп ссавців і птахів. Викопні знахідки підтверджують, що представників цих груп було значно більше, ніж їхніх предків пізньокрейдяного періоду.

Примітивні мезозойські ссавці були різні – розміром від землерийки до великих щурів, однак більшість їх вимерла. Сумчасті та яйцекладні монотремеси вижили, зокрема, в Австралії та у Північній і Південній Америках.

У мезозої ще не існувало полярних льодовикових шапок, і глобальні температури були високі (у середньому 19°C), однак рівні вуглекислого газу коливалися, дедалі знижуючись у мезозойську і кайнозойську ери. 65млн. років тому, наприкінці пізнього крейдяного періоду, під час крейдяного вимирання, клімат почав змінюватися. Ця подія досі викликає суперечки, але, зважаючи на скам'янілості деревного вугілля, саме на той час припав короткий період глобальних пожеж, в яких загинуло багато тварин, а потім, імовірно, настало тривале потепління, якому сприяли і викиди парникових газів, що виділялися з лави під час Деканських вивержень, після чого в Індії утворився цілий гірський масив – плато Декан.

Наприкінці крейдяного періоду вимерло близько 50% видів. І серед них – динозаври (не враховуючи птахів), морські й літаючі плазуни та амоніти (панцирні й кальмароподібні тварини). Їх зникнення збіглося з падінням велетенського метеорита в Карибському морі, неподалік від півострова Юкатан, у Чиксулубі (Мексика), а також з Деканськими лавовими виверженнями. Ці події значною мірою вплинули на земний клімат, хоча більшість тварин вимерла, ймовірно, все-таки після метеоритного удару.

Кайнозойська ера охоплює 65 млн. років, аж до наших днів (кайнозой означає «нове життя»). У той час з'явилися різноманітні сучасні кісткові риби, квіткові рослини, запилювальні комахи, птахи й ссавці, у т. ч. примати.

Рух літосферних плит у кайнозої вплинув на еволюцію життя. Утворення гір і височин уздовж західної межі обох Америк спричинило зміни клімату, а у Південно-Західній Азії формування Гімалаїв і Тибетського нагір'я сприяло появі мусонів. Внаслідок розколу плит і вулканізму утворилися Північна Атлантика і Східно-Африканська зона розломів, де розвивалось чимало приматів.

Кайнозойський вулканізм призвів до утворення височин і розломів. Так, у ранньому кайнозої між Гренландією і Норвегією виникла Ісландська куполоподібна область завширшки 2000 км і заввишки 2 км, утворився розлом, через який вивергалася лава. Північну частину розлому затопило водами Атлантичного океану, причому цей процес триває в Ісландії і донині. Таке куполоформування відбувалося і в Африці, там теж утворився розлом (у сучасній Ефіопії), через який вивергалася базальтова лава (31-28 млн. років тому), а в Північній Америці стався викид лави (15 млн. років тому). Після вимирання у крейдяний період життя в морях та океанах поступово набрало нинішніх форм – від рифоутворювальних тварин до вищих хижаків. Однією з еволюційних подій стала поява різноманітних сучасних кісткових риб після того, як вимерли великі морські хижі плазуни. З них збереглися тільки черепахи, деякі види крокодилів, ігуан та змії, переважно невеликих розмірів. Велике значення мала поява морських ссавців, зокрема китів і дельфінів (китоподібних) серед хребетних. Від різноманітних еоценових ссавців походили і деякі види, які згодом вимерли. Від них 35 млн. років тому виникли сучасні кити.

На початку кайнозойської ери ссавці зайняли ареали плазунів, що вимерли наприкінці крейдяного періоду. Однак між новими ссавцями існували і значні відмінності. Так, Австралію і Південну Америку заселили сумчасті та яйцекладні ссавці, в решті регіонів переважали плацентарні. Їхні більші і розвинутіші малята досить довго живилися через плаценту, перебуваючи в материнському лоні. Спершу від сумчастих еволюціонували як рослиноїдні, так і м'ясоїдні хижаки різних видів, які з часом розвинулися в плацентарних гризунів, гіпопотамів, коней, собак і великих кішок. А оскільки кількість різноманітних і більш розвинених плацентарних дедалі зростала, вони помалу витіснили сумчастих. Після виникнення суходолу між Північною і Південною Америкою плацентарні й сумчасті почали мігрувати з одного континенту на інший.

Серед ранніх кайнозойських плацентарних ссавців були землерийкоподібні комахоїдні, але невдовзі з'явилися і більші рослиноїдні (завбільшки з овець), що живилися гілковим кормом і коренеплодами. А в пізньому пліоцені почали розвиватися носорогоподібні рослиноїдні та хижаки завбільшки з собак. Кількість сімей плацентарних зросла з 21 у пізньому крейдяному періоді до 111 в ранньому еоцені. Невдовзі всі ареали на Землі зайняли плацентарні: моря заселили видри, тюлені й кити, а суходіл — найрізноманітніші ссавці, від землерийок до велетенських рослиноїдних, таких як 8-метровий гігантський носоріг *Indricotherium*, що згодом вимер, і численних хижаків, тоді як у повітрі переважали кажани. Зміни клімату та умов довкілля впливали і на еволюцію ссавців, а також призвели до скорочення лісів та розширення лук, що, в свою чергу, сприяло розвитку запилювальних комах, співочих птахів і трав'янистих ссавців. Окрім того, ці зміни вплинули і на еволюцію гомінідів (вищих приматів і людей).

У кайнозойську еру на Землі утворилися чотири основні гірські пояси: Анди, Скелясті гори, європейські Альпи і Гімалаї. Поява Андів – класичний приклад процесів гороутворення. Анди виникли в результаті сходження Тихоокеанської і Південноамериканської літосферних плит, що супроводжувалося підсуненням першої плити під другу, а також частими землетрусами й вулканічними виверженнями.

Гімалайський пояс сформувався внаслідок сходження Африканської та Індійської плит з Європейською та Азіатською відповідно. В наслідок зміщення Африки на північ зник океан Тетіс. При цьому гірські породи були стиснені, вони ущільнилися і піднялися, утворивши численні складки та розломи, – так з'явилися Альпи. Відокремлення Індії від Африки й Антарктиди в мезозої спричинило субдукцію східного узбережжя Тетісу та його приєднання до Азії. Цей процес розпочався 20 млн. років тому. При цьому знову відбулося стиснення й ущільнення порід, що супроводжувалося підняттями, утворенням складок і розломів, – так виникли Гімалаї. А в результаті подальшого зміщення Індії на північ нижня частина Індійської платформи, імовірно, опустилася під Тибет, внаслідок чого він ущільнився й піднявся, але без утворення складок. Виникнення такого високого й великого нагір'я призвело до помітної зміни клімату в регіоні і формування південно-східних азіатських мусонів.

Льодовиковий період. У недалекому геологічному минулому на Землі настало глобальне похолодання (льодовиковий період). Судячи з усього, 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 почалося формування Антарктичного льодовикового щита. В результаті величезні маси води перетворилися на сніг і лід, а це призвело до зниження рівнів Світового океану.

Хімічний склад океанічної води, в якій живе безліч форамініфер – дрібних одноклітинних організмів, впливає на їх черепашки. Тому вивчаючи останні, вчені визначали, як змінювався хімізм води в океанах. Після вимірювання киснево-ізотопних коефіцієнтів у CaCO_3 черепашок отримані дані про коливання температур океану, об'єми льоду та послідовність кліматичних змін. Так було виявлено, що у льодовикові епохи рівень Світового океану знижувався, іноді до – 150м. Таких коливань рівня моря було стільки ж, скільки раз наступали чи відступали льодовики. В останні 10 000 років (голоцен) середні температури на Землі були більш-менш сталими. Тільки в останні десятки років знову спостерігаються їх різкі коливання, що пов'язують з впливом техногенезу.

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.

Справжня причина тодішнього глобального похолодання викликає суперечки, хоча є припущення, що це сталося внаслідок зміни циркуляції океанських течій, спричиненої, ймовірно, рухами літосферних плит. Температури океанських течій впливають на температури і вологість атмосфери. А в чвертинний період, що

розпочався понад 2 млн. років тому і триває досі, льодовикові епохи чергувались з міжльодовиковими потепліннями. В наш час – черговий період міжльодовикового потепління.

В Україні льодовикові відклади вивчав видатний дослідник природи П.А. Тутковський.

Обширні льодовикові покриви почали розвиватися в Північній півкулі близько 2,6 млн. років тому, після утворення Арктичної льодовикової шапки, і згодом поширилися далеко на південь – до нинішніх Нью-Йорка в Північній Америці та Бірмінгема, Копенгагена і Дніпропетровська в Європі. Багаторічна мерзлота простягалася до Чорного й Середземного морів, а гірські льодовики сягали навіть тропіків. Водночас мали місце часті коливання клімату, в міжльодовикові періоди відбувалося потепління, яке часом перевищувало нинішнє. Наприклад, 125 000 років тому в Англії, де перед тим і пізніше височіли льодовики, жили такі тварини, як слони і гіпопотами. Періодичність кліматичних коливань спершу становила близько 40 000 років, але близько одного мільйона років тому змінилася на 100-тисячорічний цикл, що було пов'язано зі змінами глобального кліматичного циклу. Це вплинуло на еволюцію фауни, серед якої виживали ті таксони, що розмножувались статеві.

Одна з переваг такого розмноження і пов'язаних з ним змін генофонду через мутацію полягає в тому, що це дозволяє організмам пристосуватися до нових умов, зокрема клімату. Льодовикові періоди супроводжувалися похолоданням, тож у тварин розвинулися адаптивні ознаки, що допомагали їм виживати. Це і теплоізоляція (волосяний та шерстяний покрив, пір'я), і жирові запаси за браком корму, і маскування, особливо в снігах (білі шуби у песців, зайців і білих ведмедів).

У пристосованих до холоду тварин і людей кремезна статура і короткі кінцівки, завдяки чому зменшується площа відкритих ділянок тіла і збільшується об'єм для тривалого збереження тепла. Рослини протистоять низьким температурам, встигають розмножуватися, зав'язувати насіння та розсіювати його впродовж кількох місяців. Мерзлі ґрунти обмежують проростання коріння, тому такі дерева, як карликова береза, верба та ялівець, рятуючись від сильних вітрів, стелилися понад землею. Все живе, в тому числі і людина, навчилися жити в умовах зледеніння.

Походження людини. Люди, мавпи і лемури належать до ссавців, яких у 1758р. шведський натураліст Карл Лінней вперше об'єднав в одну групу. Судячи з викопних знахідок, ранні мавпоподібні ссавці походили від дрібних комахоїдних, таких як землерийкоподібний *Purgatorius*, що жив у ранньому палеоцені. А в ранньому кайнозої в Північній Америці та Європі виникла група білкоподібних дереволазних тварин (плезіадапіформів).

Слідом за ними з'явилися довгоп'ято- і лемуроподібні примати, що поширилися в Африці та Азії разом з двома групами вищих приматів – чіпкохвостих, вузьконосих мавп і великих приматів. З останньої групи в Африці походять гомініди. 18 млн. років тому (в ранньому міоцені) серед них виник безхвостий мавпоподібний *Proconsul*, який умів лазити по деревах і пересуватися на чотирьох лапах. У пізньому міоцені з'явилося безліч різних приматів, що розділилися на африканську, європейську та азіатську гілки, при тому що деякі примати збільшилися і в розмірах. Від африканських вищих приматів походять горили, шимпанзе і люди. Першими від них відділилися горили (6-8 млн. років тому), а в шимпанзе і людей лишився один спільний предок, який згідно з молекулярним годинником жив 5-7 млн. років тому.

Хоча викопних слідів наших далеких родичів (гомінідів) майже не залишилося, за останні півстоліття в результаті пошуків на півдні Африки та уздовж Східноафриканської зони розломів були виявлені деякі свідчення їхньої еволюції. Нещодавня знахідка викопного черепа з характерними людськими ознаками (він належав гомінідові, названому *Sahelanthropus*) підтверджує, що його вік – 7 млн. років. А судячи з кісток ніг *Orrorin*, котрим 6 млн. років, цей гомінід мав уже вертикальну ходу, тобто пересувався на

двох ногах, але довести це вдалося лише після того, як було виявлено летолійські сліди. У Леталі (Східна Африка) знайдені сліди прямоходячих родичів людини – двох дорослих і одного молодого. Вік слідів – 3,6 млн. років, а збереглися вони у м'якій глині.

3 млн. років тому ці ранні родичі людини, ймовірно, були схожі на невеликих – майже 1 м на зріст – двоногих мавп (австралопітекових) з маленьким мозком. Згодом вони розділилися на дві гілки: великощелепних гомінідів, які живилися рослинами й дрібними тваринами, та дрібнощелепних рослиноїдних і м'ясоїдних з більш розвиненим мозком, які користувалися знаряддями. До останніх належали ранні члени нашого роду – *Homo*.

Судячи з викопних людських кісток і знарядь з каменю, наші предки набували властивих людині ознак поступово – протягом принаймні 4 млн. років. Головною ознакою людини прийнято вважати пряму ходу, однак австралопітеки звелися на ноги 4 млн. років тому. Натомість примітивні знаряддя з'явилися лише 2,6 млн. років тому, найімовірніше за часів *Homo habilis*. Втім, не виключено, що ці знаряддя виготовили австралопітеки, адже шимпанзе, як відомо, теж користуються кам'яними знаряддями. Вперше великий мозок, більший, ніж у мавп, відзначається у *Homo habilis*: його об'єм становив 650 см³. 1,8-1,9 млн. років тому ранній предок людини – *Homo erectus*, вищий і рухливіший, з більшим мозком вперше залишив Африку, а близько 1,6-1,7 млн. років тому перебрався до Східної Азії. Неандертальці (*Homo neanderthalensis*) та їхні попередники належали до перших родичів людини, чий мозок за об'ємом можна порівняти з мозком сучасних людей (670-860 см³). Вони заселили Європу та Азію 230 000 років тому і жили там 100 тис. років. Це були вправні мисливці.

Ймовірно, вони вже вміли розмовляти, хоча мова не була складною. Деякі з них ховали своїх померлих родичів, уміли виготовляти прикраси – своєрідні символічні атрибути культури, що свідчить про розвиток свідомості у ранніх предків сучасної людини. Однак на зміну неандертальцям з інших країн прийшли сучасні люди (*Homo sapiens*). Вони з'явилися в Африці близько 120 000 років тому. Останні знахідки в Південній Африці та Конго свідчать, що вже 70 000 -75 000 років тому *Homo sapiens* послуговувалися складними кістяними знаряддями і робили символічні предмети з дерева.

За археологічними і біомолекулярними даними, сучасні люди почали кочувати по Африці 120 000 років тому. А 100 000 років тому вони рушили на північ і 90 000 років тому досягли західного Середземномор'я, де вперше зустрілися з неандертальцями. За 30 000 років вони дійшли до Китаю, а 50 000 років тому дісталися Австралії. Такі темпи можуть видатися швидкими, але якби навіть люди здолали цю відстань (20 000 км), йдучи узбережжями, швидкість пересування становила б менше, ніж 1 км за рік.

Вкрита льодовиками Європа була головною фізичною і кліматичною перешкодою на шляху людей, тому вони освоїли її лише 40 000 років тому, а перехід у північно-східному напрямку через Сибір на Аляску виявився ще важчим. 18 000-10 200 років тому за низького рівня моря на місці Берингової протоки існував «міст» суходолу, завдяки чому люди мали змогу перебратися в Америку, а 12 500 років тому вони вже дісталися Чилі. Найостанніше переселення – на острови Тихого океану, включаючи Нову Зеландію, - відбулося лише тисячу років тому.

Наприкінці останнього льодовикового періоду 12 000 років тому, відбулося глобальне вимирання мегафауни – тварин з великою вагою, у т. ч. мамонтів. З приходом сучасних людей (близько 40 000 років тому) зникли неандертальці, хоча в Європі вони співіснували з прибульцями близько 10 000 років. За результатами аналізів ДНК по при збіг у часі і спільну територію, ці два людських види майже не схрещувалися між собою. Достеменною причиною вимирання мегафауни (зміни клімату або умов довкілля, винищення людьми або все разом) викликає суперечки. Останні дані, здебільшого Австрало-Азіатського регіону, де кліматичні зміни були зовсім незначні, свідчать, що тварини почали вимирати після приходу людей-мисливців. Винятком є Африка, де сучасні люди досить довго співіснували з великими ссавцями, хоча сьогодні, із зростанням народонаселення, вимирання загрожує і великим африканським тваринам.

Людина впливає на стан Землі не тільки полюванням, а й захопленням природних ареалів, що супроводжується глобальним потеплінням. Все це становить серйозну загрозу флорі та фауні Землі й самому людству.

Висновки. Відновити хід кліматичних змін на території України дуже важливо. Отримавши модель таких змін у вигляді кривих – синусоїд (рис. 1), можна екстраполювати їх на майбутнє, внести відповідні поправки на антропогенні (техногенні) впливи. Таким чином можна скласти прогноз кліматичних змін на майбутні десятиліття і століття, давши відповідь на одвічне питання: що нас чекає у майбутньому – новий льодовиковий період чи глобальне потепління.

Література

1. Адаменко О.М. Розв'язок Землі та історія біосфери / О.М. Адаменко // Мій дім – Україна. Роман життя, науки і кохання, том 2. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. – С. 125-177.
2. Веклич М.Ф. Проблемы палеоклиматологии / М.Ф. Веклич. – К: Наукова думка, 1987. – 190с.
3. Герасименко Н.П. Разнообразие зональных ландшафтов Украины в познем плейстоцене / Н.П. Герасименко // Проблеми ландшафтного різноманіття України. – К.: 2000. – С. 118-122.
4. Матвіїшина Ж.М. Просторово-часова кореляція палеографічних умов четвертинного періоду на території України / Ж.М. Матвіїшина, Н.П.Герасименко, В.І.Передерій та ін.. – К.: Наукова думка, 2010. – 192 с.
5. Мельничук І.В. Палеоландшафти України в антропогені / І.В.Мельничук. – К.: Обрій, 2004. – 2008 с.
6. Міщенко Л.В. Зміни клімату в зв'язку з проблемою охорони навколишнього середовища / Л.В.Міщенко // Геоєкологічні проблеми Івано-Франківщини та Карпатського регіону. – Івано-Франківськ: Екор, 1998. – С.97-109.
7. Рудько Г.І. Землелогіч. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – К.: Академпрес, 2009. – 512 с.

Поступила в редакцію 22 липня 2013 р.