лення й розвитку людини як природного феномена – свідомого існування живої істоти – використовують увесь інформаційний архів історичних подій. Тому, відкриваючи цю книгу, вже з перших сторінок прочитаного з'являється відчуття необхідності розширення власної інформаційної бази знань у цьому напряму наукових досліджень. Із перших сторінок книга захоплює глибиною історичного екскурсу у висвітленні лабіринту часто суперечливих думок та аргументів різних авторів, які присвятили публікації цьому питанню. Автори видання зберігають при цьому свою чітко визначену позицію щодо необхідності та можливостей уникнення деградації та забезпечення сталого розвитку людства за сценарієм техногену XXI століття.

Проаналізовані авторами закономірності еволюційних процесів способом зіставлення особливостей розвитку людини та суспільства з розвитком і зародженням життя на Землі (чергування гомеостазів і біфуркацій – катастроф з ускладненнями та прискоренням і збереженням механізмів успадкованості від попередніх фаз на шляху цілеспрямованої еволюції) створюють базу для науково обґрунтованого висновку щодо неминучих ускладнень на всіх ступенях переходу "Homo sapiens" на вищі інформаційно-енергетичні рівні.

Особливо важливими вбачаються охарактеризований техноген та сценарії розвитку людства як невід'ємна частина геологічного середовища, біосфери зокрема.

Проблему взаємовідношень людства з природним середовищем автори висвітлили досить повно. Глибоко обґрунтовані наукові пояснення причин безповоротних негативних перетворень у природі, пов'язаних з діяльністю і наслідками втручання людини, закликають нас до притаманного людині розумно виваженого ставлення для забезпечення комфортних і гармонійних з природним середовищем умов свого існування.

Вдумливе прочитання наукового видання Г. І. Рудька та Г. Р. Бали спонукає читача пам'ятати й скеровувати свою діяльність відповідно до епіграфа Л. Гумільова до своєї книги "Этногенез и биосфера Земли" (Л. Н. Гумилёв. Москва: Айрис-пресс, 2006. 500 с.: с ил.): "***Изменение законов Природы вне людских возможностей хотя бы потому, что сами люди – часть Природы. Но знание законов Природы, в том числе законов этногенеза, очень полезно, ибо позволяет избежать многих бед***".

Завідувач відділу геології вугільних родовищ ІГН НАН України, доктор геологічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки М. Євдощук

УДК 550.7

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин, office@dkz.gov.ua

ОСНОВИ БІОГЕОЛОГІЇ: ВІД АРХЕЮ ДО ТЕХНОГЕНУ

Розглянута біогеологічна історія Землі як процес безперервної трансформації і постійної адаптації від первинних форм життя до її сучасного стану.

Розвиток життя на Землі відбувався за умови змін геологічних процесів, хімічного складу атмосфери і водного середовища, в періоди між глобальними катастрофами. У результаті більш ніж за 3,8 млрд років сформувалася антропогенна система "людина – геологічне і суміжне середовище", яка трансформувала біосферу згідно з потребами людини, створивши прецедент невідповідності потреб людства і ресурсів біосфери.

Визначено основні сценарії розвитку людини і біосфери внаслідок техногену. Досліджено сценарії ходу техногену і роль людини в умовах інтенсивної трансформації біосфери за рахунок техногенної діяльності.

Biogeological history of the Earth was considered as a process of continuous transformation and permanent adaptation from original forms of life to its current state.

The development of life on Earth arose under the conditions of changes in geological processes, chemical composition of the atmosphere and the aquatic environment during the periods between global catastrophes. As a result, more than 3,8 billion years were needed to form anthropogenic system "man – geological and adjacent environment", which transformed the biosphere according to human needs, creating a precedent of inconsistency between human needs and biosphere resources.

The main scenarios of human and biosphere development were determined in the result of technogene. Scenarios of technogene progress and human role under conditions of intense transformation of the biosphere due to anthropogenic activities were investigated as well.

Сьогодні людство опинилося в ситуації, коли протиріччя між його потребами та наявними ресурсами біосфери досягли критичної межі. Зважаючи на результати останніх досліджень, потрібні нові підходи до виходу з цього стану. Автор розглянув сучасну теорію зародження й розвитку життя на Землі, формування атмосфери і водного балансу планети.

Найдавніші з відомих мінералів мають вік 4,2 млрд років, а вік найдавніших порід, в яких знайдено вуглець органічного походження – близько 3,8 млрд років. Перші вірогідні сліди життя з'явилися на Землі одночасно з першими вірогідними слідами води [1].

© Г. І. Рудько, 2014

Донедавна вважали, що виникненню життя на Землі передувала дуже тривала (мільярди років) хімічна еволюція, що включала спонтанний синтез і полімеризацію органічних молекул, сполучення їх у складні системи – попередники клітин, поступове становлення обміну речовин тощо. Основною гіпотезою походження життя на Землі була гіпотеза абіогенезу: перші біологічні системи утворилися з неорганічної матерії, з'явились перші клітини (прокаріоти) і лише після їх появи почався інтенсивний процес біологічної еволюції. Можливість перебігу абіогенного синтезу органічних мономерів в умовах, що моделюють атмосферу древньої Землі, доведена ще в 1950-х роках у багатьох лабораторіях світу,

починаючи з дослідів С. Міллера і Г. Юри. Однак шлях від простих органічних молекул до найпростіших живих клітин, здатних до розмноження і з апаратом спадковості, вважали дуже довгим.

Із розвитком нових методів дослідження органічних решток, що містяться в архейських і протерозойських породах, а також решток мікроскопічних клітинних структур ця думка кардинально змінилася. Одним із найдивовижніших палеонтологічних відкриттів останніх десятиліть є реєстрація слідів життя навіть у найдревніших породах земної кори. Отже, поява протожиття на Землі була майже миттєвою подією, еволюція від органічних сполук до живих клітин відбулася в дуже стислі терміни, на самому початку історії Землі (рис. 1). Нині висунуто припущення, що життя на Землі існує стільки ж часу, скільки й сама наша планета.

На сьогодні теорія панспермії є однією з найбільш обговорюваних теорій походження життя на Землі. Згідно з нею, розсіяні в космосі зародки життя (наприклад, спори мікроорганізмів) переносяться з одного небесного тіла на інше метеоритами або під дією тиску світла, тобто первинна жива матерія має космічне походження. Про це свідчать виявлені в метеоритах органічні сполуки фосилізованих примітивних організмів. Російські дослідники знайшли у вуглистих хондритах (метеоритах) фосилізовані ціанобактерії і, можливо, недосконалі гриби, американські фахівці – сліди бактерій в уламках порід із Марса, а група вчених з Університету Кардіффу нещодавно ідентифікувала в уламках метеорита, що впав наприкінці 2012 р. на територію Шрі-Ланки, фосилізовані рештки діатомових водоростей [8, 15] (рис. 2).

Теорії виникнення життя на Землі не роз'яснювали питання щодо виникнення клітини. Досі немає майже жодної гіпотези, яка б правдоподібно описувала походження прокаріотів. В останні десятиліття розроблено спеціальні методи обробки осадових гірських порід, що дають змогу виділяти клітинні оболонки, які містяться в них, а в деяких випадках навіть отримувати непряму інформацію про внутрішню будову цих клітин. У докембрійських породах виявлено безліч одноклітинних організмів; найдавніші з них знайдені в місцезнаходженнях Варравуна (Австралія) та Онфервахт (Південна Африка), їх вік відповідно 3,5 і 3,4 млрд років. Це кілька видів ціанобактерій (синьозелених водоростей), які майже не відрізняються від сучасних. Отже, в ранньому докембрії існував особливий світ, що формувався прокаріотними організмами: бактеріями і ціанобактеріями.

Найдавніші прокаріоти швидше за все були хемоавтотрофами. Вони прилаштовувались до якої-небудь хімічної реакції, яка відбувалася з виділенням енергії і без їх участі, сама по собі, тільки повільно. За допомогою відповідного ферменту вони починали каталізувати цю реакцію, багаторазово пришвидшуючи її. Наприклад, найдавніші прокаріоти за механізмом *аноксигенного фотосинтезу* відновлювали вуглекислий газ до метану воднем

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O.$$

У результаті такої діяльності в біосфері почали утворюватися надлишки метану і сульфатів. З'явилися симбіотичні мікробні угруповання, здатні окиснювати метан за допомогою сульфатів. Унаслідок цього знову утворювалися вуглекислий газ і сірководень, які зазнавали подальших змін. Незамкнені біогеохімічні цикли почали замикатися, біосфера набувала стійкості і здатності до саморегуляції [3].

Пізніше (близько 2,9 млрд років тому) з'явилися ціанобактерії сучасного вигляду, які містили хлорофіл і були здатними до *оксигенного фотосинтезу:*

$$nCO_2 + nH_2O \rightarrow n(CH_2O) + nO_2.$$

Як джерело електронів вони використовували воду.

Крім цього, ціанобактерії (як і багато інших прокаріотів) здатні фіксувати атмосферний азот (при цьому

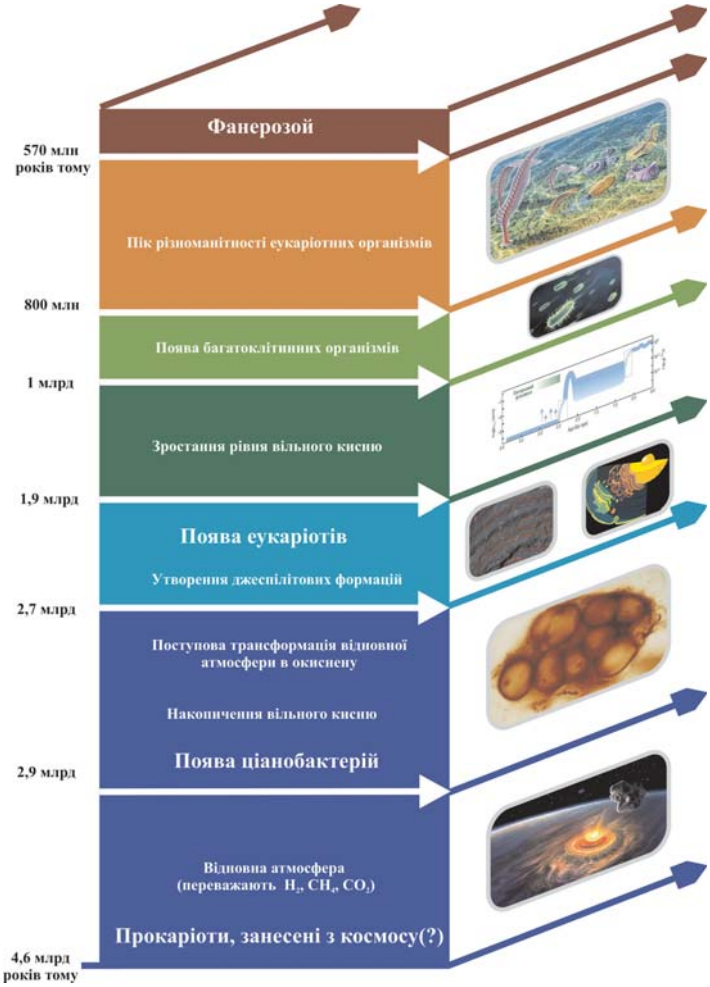

Рис. 1. Основні етапи формування та розвитку біосфери докембрію

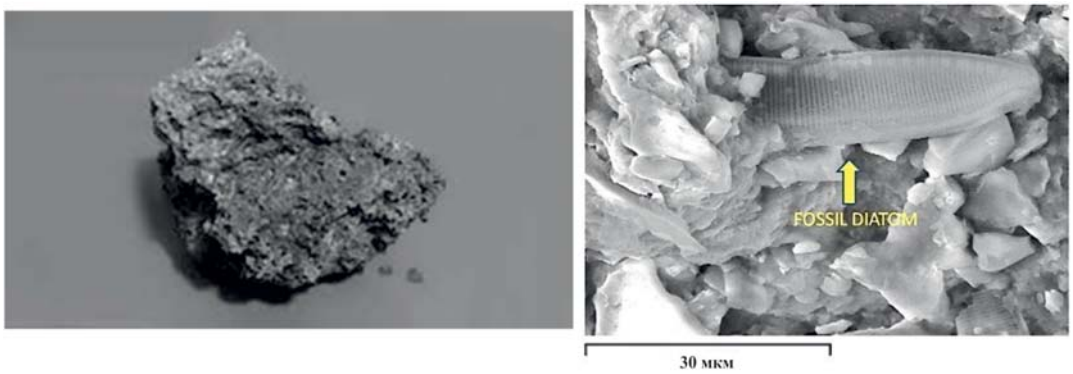

Рис. 2. Уламок метеорита, знайденого на о. Шрі-Ланка (*а*), та виявлені під мікроскопом сліди древніх діатомових водоростей (*б*) [15]

розривається дуже міцний зв'язок між двома атомами азоту в його молекулі й утворюються сполуки азоту, доступні для використання іншими живими організмами):

$$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\ АТФ \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16АДФ + 16P.$$

Після появи ціанобактерій прокаріоти на нашій планеті панували 1,5–2 млрд років. Мікроорганізми ставали дедалі численнішими і різноманітнішими.

Древні ціанобактерії перетворили ранню відновлювальну атмосферу на кисневу, зв'язавши велику кількість CO_2 у карбонати у вигляді шаруватих вапнякових відкладень – строматолітів із виділенням O_2 як продукту фотосинтезу, який поступово насичував атмосферу.

У відновному середовищі кисень, що виділявся ціанобактеріями, спочатку витрачався на окиснення різноманітних сполук і не накопичувався у вільному стані в атмосфері. При цьому аміак NH_3 окиснювався до молекулярного азоту N_2:

$$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O;$$

метан та оксид вуглецю – до CO_2:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O;$$

$$CO + ½\ O_2 \rightarrow CO_2;$$

сірка і сірководень – до SO_2:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2;\ 2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O.$$

Приблизно 2 млрд років тому вміст кисню досяг 1 % сучасного, що вважається початком атмосфери нового, аеробного типу. Саме ці події уможливили розвиток еволюції у відомому нам напрямі.

Ця теорія є процесом формування сучасного життя. Так почалась глобальна перебудова біосфери, яка ознаменувала процес розвитку кисневої атмосфери.

Чи можливий такий механізм на інших планетах "земного" типу? Безсумнівно.

Для анаеробних організмів збільшення концентрації кисню було катастрофою, оскільки кисень дуже агресивний елемент, він швидко окиснює і руйнує органічні сполуки. Якщо в анаеробній біосфері, в товщі строматолітів залишалися аеробні кишені, звідки накопичений у результаті фотосинтезу кисень просочувався в атмосферу, то тепер, коли біосфера перетворилася на кисневу, анаеробні мікроорганізми знайшли притулок у нечисленних безкисневих кишенях. У новій аеробній атмосфері могли вижити тільки ті прокаріоти, які раніше в товщі строматолітів пристосувалися до високої концентрації кисню.

Хемосфера боролась із цим отруєнням окисненням двовалентного заліза, яке безперервно надходило в океан із магматичними виливами, до тривалентного, яке майже не розчинялось у воді й тому випадало в осад разом із карбонатами у формі кременисто-залізистих сезоннострічкових (океан був холодним) мулів. Після метаморфізму з цих мулів утворилась характерна для фотогену порода – джеспіліти. Відклади джеспілітів (залізистих кварцитів) є на території України в Криворізькому залізорудному басейні.

Згодом сформувався озоновий шар, який екранував поверхню Землі від потрапляння на неї смертельного ультрафіолету й уможливив розвиток більш високоорганізованої форми життя – еукаріотів. Першим наслідком передрифейської екологічної кризи була масова загибель прокаріотів у морях, рештки яких представлені в надрах протерозойськими нафтою, газом, графітом. Цей процес характеризує перспективність докембрію щодо родовищ вуглеводневої сировини.

Крім бентосних прокаріотних екосистем, представлених строматолітовими матами, весь цей час існували і планктонні, що складались зі сферичних одноклітинних водоростей – акритарх і кулястих колоній. Вважають, що саме в таких екосистемах у середині протерозою (близько 1,9–2 млрд років тому) з'явились перші еукаріоти.

Пік різноманітності еукаріотних організмів у докембрії припав на інтервал 900–800 млн років тому. На тлі зростаючого розмаїття мікроорганізмів збільшувались і їх розміри [9]. З'явившись майже 2 млрд років тому, вони протягом майже мільярда років не відігравали помітної ролі в екосистемах, а все розмаїття цих організмів обмежувалось фітопланктонними формами – акритархами.

Близько 1 млрд років тому, наприкінці протерозойської ери, в еволюції еукаріотів стався "великий вибух": склалися умови, сприятливі для появи більших і різноманітніших організмів. З'явились багатоклітинні, здатні до статевого розмноження (в Китаї знайдено викопні зародки віком 600 млн років). Раніше вважали, що саме розвиток функції статевого розмноження з обміном генетичного матеріалу спричинив таке розмаїття. Однак нині це припущення спростоване, оскільки бактерії теж обмінюються генетичним матеріалом. Можливо, причиною була здатність багатоклітинних до зростання, хоча деякі їх клітини вже виконували певні функції.

Еукаріоти створили важливу передумову для зародження в рифеї (пізньому протерозої) багатоклітинних рослин і тварин. Отже, надзвичайно тривала ера панування бактерій і синьозелених водоростей, які досягли у водах стародавніх океанів значного розмаїття форм і кольорів протягом пізнього рифею (1 000–570 млн років тому), завершилась появою багатоклітинних водяних еукаріотів.

З появою клітинного ядра еукаріоти отримали здатність розвивати складні механізми модифікаційної мінливості. Саме це дало одноклітинним еукаріотам можливість розвинути, по-перше, складні життєві цикли і статеве розмноження, по-друге – багатоклітинність [6].

У венді сталася ще одна радикальна перебудова життя на Землі: швидке підвищення парціального тиску кисню спричинило вибух виникнення нових форм життя на Землі. Відмінною ознакою всієї вендської біоти є відсутність скелета. У тих організмів не міг сформуватись потужний мінеральний скелет з двох причин: низька ефективність ферментів, відповідальних за біомінералізацію, через низькі температури; висока розчинність карбонату (в холодних водах він складніше концентрується і зберігається).

Тварини досягали великих розмірів, деякі – до 1 м, але мали желеподібні чи драглеподібні тіла, що залишили відбитки на м'яких ґрунтах. Добра і масова збереженість таких відбитків побічно свідчить про відсутність трупоїдів і великих хижаків у вендських біоценозах.

На самому початку кембрійського періоду – близько 542 млн років тому – у великої групи тварин майже одночасно з'явився твердий мінералізований скелет (рис. 3). Оскільки у викопному стані зазвичай зберігаються саме такі скелети, а м'які частини безслідно зникають, ця подія в палеонтологічному літописі виглядає як раптова поява багатьох груп тварин, названа вченими кембрійським вибухом (рис. 4).

У вендських тварин не було великих мінералізованих скелетних утворень, а тільки щільні органічні конгломерати з подібними функціями, зокрема спинні щитки, раковини, зубоподібні вирости, спікули і склерити. Відсутність активної біомінералізації (особливо відкладання карбонату) визначалась умовами холодних вод, в яких відкладання карбонатів ускладнене (потребує великих затрат енергії).

Збільшення вмісту вуглекислого газу призвело до

Рис. 3. Стародавній кораловий риф, утворений рештками перших організмів з мінеральним скелетом (Намібія, Південна Африка) [14]

зниження pH морської води. У результаті утворення мінералізованих скелетів у планктонних організмів ускладнилось. Високою концентрацією вуглекислого газу в атмосфері можна пояснити відсутність кальцифікованих викопних скелетів у протерозої. Низька температура під час неопротерозойських зледенінь також пригнічувала біомінералізацію.

У найдавніших організмів у ході еволюції формувався силіцієвий скелет (діатомеї, радіолярії). Поступово силіцій витіснявся активнішим елементом – кальцієм. В організмах з'явився силіцієво-кальцієвий скелет, а в найбільш розвинених в еволюційному плані – кальцієвий.

Згодом з'ясувалось, що предки багатьох кембрійських груп тварин жили й раніше, але оскільки вони були м'якотілими їх решток майже не залишилось у докембрійських породах. Тому загадка кембрійського вибуху швидше лежить у площині виявлення причин одночасної появи мінерального скелета в багатьох типів тварин. Це пов'язують зі зміною умов середовища, зокрема з різким зменшенням кислотності води, в результаті чого карбонат кальцію ($CaCO_3$) як найпоширеніший скелетоутворювальний матеріал став менш розчинним у морській воді і легше випадав в осад.

З реакції карбонат-гідрокарбонатної рівноваги

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_3^{2-} + 2H^+$$

випливає, що pH середовища залежить від доступного Ca^{2+}: доки він не витрачений, надлишковий вуглекислий газ надходить у карбонати і pH не підвищується. Водночас, доки є $CaCO_3$, pH не знижується, оскільки карбонати розчиняються. Склад розчину залежав від співвідношення Ca і Na у виверженних породах. Особливо посилювалось вилуження підземними водами подрібнених вулканічних продуктів, що нерідко поєднувалось з підвищеною температурою в зонах рифтогенезу.

Разом з тим за звичайних умов вуглекислотне вилуження є досить повільним процесом, який пришвидшується під впливом біоти в 10–100 разів. Отже, в нейтральному середовищі розвиток живих організмів пов'язаний з наявністю в ньому кальцію.

Одночасну масову появу скелетів (карбонатних, фосфатних і силіцієвих) у багатоклітинних тварин на початку кембрію можна пояснити або потеплінням, або колонізацією тваринами низьких широт.

Іншим чинником могло бути збільшення біорізноманіття і пов'язане з ним подовження трофічних ланцюгів. Концентрація іонів (особливо кальцію, магнію, фосфору і силіцію) зростала експоненціально по трофічному ланцюгу. Виникла потреба їх виведення або детоксикації. У частини безхребетних з'явилася можливість будувати мінеральний скелет унаслідок детоксикації в умовах тепловодних місць існування, де розчинність низки біомінералів нижча, а ефективність відповідальних за мінералізацію ферментів вища, ніж у холодних водах. Можливо, тварини не могли колонізувати тепловодні місця доти, доки достатньою мірою не підвищився рівень кисню. У теплій воді кисню розчиняється менше. Відомо, що еукаріоти гірше переносять перегрів, ніж прокаріоти і найпростіші, що може бути пов'язано з їх підвищеною потребою в кисні.

Проте для утворення карбонатних скелетів тваринам недостатньо було одних лише сприятливих умов середовища. Потрібні були спеціальні гени і ферменти, за допомогою яких тварини могли б контролювати утворення і зростання кристалів карбонату кальцію в потрібних місцях і потрібній кількості.

Найважливішу роль в утворенні карбонатних скелетів у тварин відіграє фермент карбоангідраза [5], яка приблизно

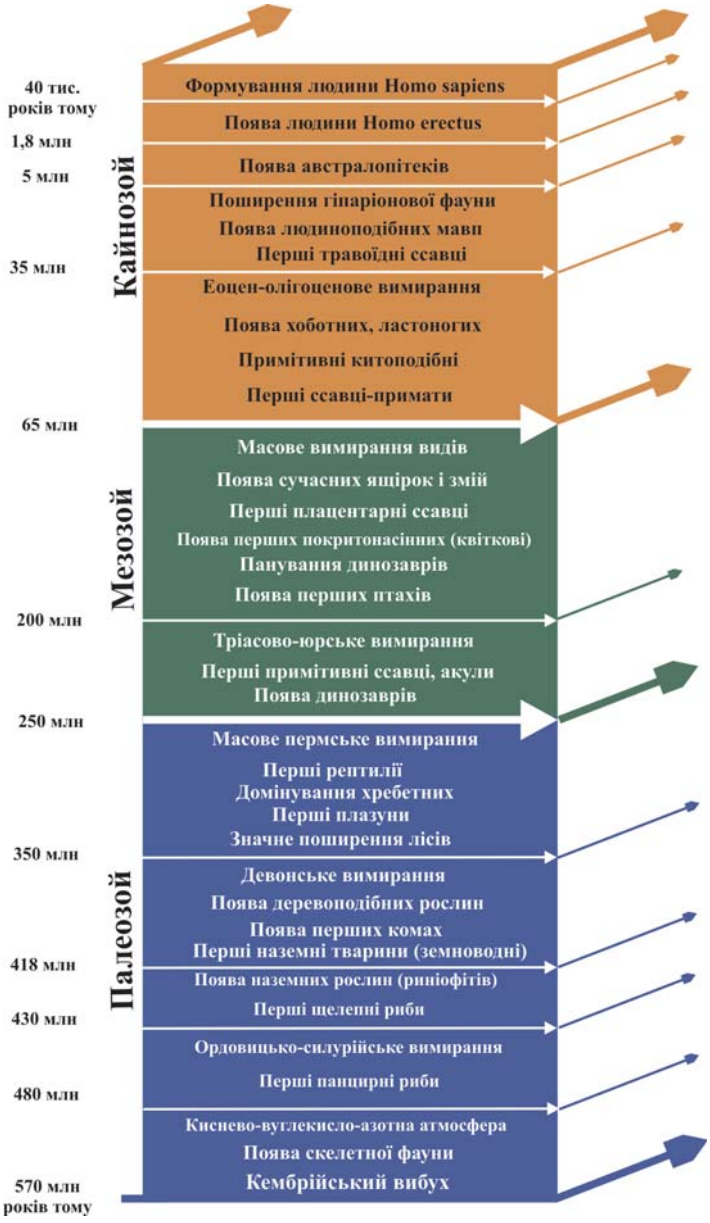

Рис. 4. Основні етапи формування та розвитку біосфери фанерозою

в мільйон разів пришвидшує реакцію перетворення розчиненого у воді вуглекислого газу на гідрокарбонат

$CO_2 + H_2O^- \rightarrow$ Карбоангідраза $HCO_3^- + H^+$.

Карбоангідраза значно поширена в живому світі, зокрема й у прокаріотів. Крім біомінералізації, вона бере участь у виконанні безлічі інших функцій (регуляція pH, транспорт іонів, виведення CO_2 з тканин та ін.).

У результаті утворення у тварин скелетів у кембрії виникли нові способи існування в межах морського мілководдя. Губки отримали можливість фільтрувати бактерії, трилобіти – закопуватися в донні відклади, молюски – повзати по поверхні морського дна. Брахіоподи, моховатки і голкошкірі змогли підійматися вертикально з води, триматись над її поверхнею й ефективніше фільтрувати воду з мікроорганізмами для отримання їжі. Без твердих частин тіла подібний спосіб життя був би неможливий або принаймні менш продуктивний. На думку американського вченого Д. Е. Хатчінсона, поява в живих організмах на початку фанерозою скелетів, здатних до фосилізації, відображає в основному виникнення хижацтва. До того часу біосфера загалом була мирним царством, в якому захисні панцири були непотрібні.

У кембрійський період на Землі існували величезні ділянки, зайняті континентальним шельфом або материковими мілинами. Тут створилися ідеальні умови для життя: дно, вкрите шаром м'якого мулу, і тепла вода. До того часу в атмосфері містилося багато кисню, хоча його було менше, ніж сьогодні.

Протягом фанерозою відбувались значні перебудови (біотичні події), що зафіксовано змінами розмаїття організмів. Масово з'являлись нові групи організмів високого таксономічного рангу та вимирали старі.

Тривалий час глобальні катастрофи, які могли впливати на еволюцію земного життя, мало цікавили вчених. Геологам і палеонтологам важливіше було зрозуміти поступальну і безперервну зміну видів. Лише нещодавно, в середині XX століття, коли визначили, що масові вимирання за часом збігаються з катастрофічними подіями, такими як спалахи вулканізму і падіння метеоритів, їх почали вивчати цілеспрямовано.

Уперше про катастрофи, які відбувалися на Землі в минулому, заговорив на початку XIX ст. французький натураліст Жорж Кюв'є. Учений звернув увагу на те, що в землі горизонти, багаті на рештки доісторичних тварин, чергуються з горизонтами, бідними на ці знахідки. При цьому Ж. Кюв'є виявив, що в кожному новому багатому на кістки шарі рештки належали тваринам інших різновидів, а не тим, що були знайдені в попередньому і наступному шарах, тобто не тим, які мешкали на Землі раніше чи пізніше, звісно, в геологічному масштабі часу.

Киснева катастрофа – одна з найважливіших подій в історії Землі, саме внаслідок неї в атмосфері нашої планети з'явився кисень, без якого ми не можемо жити. Ця важлива екологічна подія сталась приблизно 2,5 млрд років тому.

Формування кисневої атмосфери є визначальною подією, яка пояснює механізм трансформації біосфери від прокаріотів, які дихали азотом, метаном тощо, а виділяли кисень, до вищих, організованіших форм життя, які використовують кисень для життєзабезпечення.

Хід подальшого розвитку життя значною мірою залежав від геологічних процесів, які коригували напрям розвитку біоти. Не варто відкидати й поступального руху з удосконалення умов самоорганізації живої матерії.

Отже епоха прокаріотів, яка зумовила формування кисневої атмосфери, призвела їх до загибелі, створивши якісно нову платформу для життя – розвитку еукаріотів, енергетика життя яких базувалась на процесі дихання.

Кембрійський вибух – раптова (в геологічному сенсі) поява в ранньокембрійських (близько 540 млн років тому) відкладах скам'янілостей представників багатьох підрозділів тваринного царства на тлі відсутності їх скам'янілостей або скам'янілостей їх предків у докембрійських відкладах.

Ордовик-силурійське вимирання – масове вимирання на межі ордовицького і силурійського періодів – близько 450–440 млн років тому: третє за кількістю вимерлих родів із п'яти найбільших вимирань в історії Землі і друге – за втратами кількості живих організмів.

Нині ордовик-силурійське вимирання інтенсивно вивчають. Хронологія відповідає початку й закінченню найтяжчих льодовикових періодів фанерозою, які ознаменувалися наприкінці тривалим похолоданням у верхньому ордовику. Це згубно позначилось на фауні кінця ордовику, для якого був характерний типово парниковий клімат. Цьому передувало зменшення вмісту в атмосфері вуглекислого газу, яке вибірково торкнулося організмів, які жили в мілководних морях. Льодовики утримували воду, в міжльодовиковий період – вивільняли її, з цієї причини рівень Світового океану істотно коливався кілька разів. Рівень великих мілководних внутрішньоконтинентальних морів ордовику підіймався, руйнувались біологічні ніші, потім він знову повертався в колишній стан, при цьому зменшувались популяції, часто зникали цілі родини організмів. Загинуло більш як 60 % морських безхребетних, включаючи дві третини всіх родин брахіопод і моховаток. Дані про зледеніння знайдено у відкладах у пустелі Сахара.

Девонське вимирання – масове вимирання видів наприкінці девону, одне з найбільших в історії Землі вимирань флори і фауни. Перший (і найсильніший) пік вимирання приурочений до початку фаменського ярусу – останнього ярусу девонського періоду, близько 374 млн років тому, коли несподівано зникли майже всі безщелепні. Другий імпульс завершив девонський період (близько 359 млн років тому). Усього вимерло 19 % родин і 50 % родів. Причини цього поки що не з'ясовані. Основна теорія припускає, що головною причиною вимирання в океанах стали зміни рівня океану і зниження рівня кисню в океанічних водах. Імовірно активатором цих подій було глобальне похолодання або обширний океанічний вулканізм, хоча падіння позаземного тіла, такого як комета, теж цілком можливе.

Масове пермське вимирання або перм-тріасове (P–Tr) 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, тобто палеозой і мезозой, приблизно 251,4 млн років тому. Це одна з найбільших катастроф біосфери в історії Землі, яка призвела до вимирання 96 % усіх морських видів і 70 % наземних видів хребетних. Катастрофа стала єдиним відомим масовим вимиранням комах, коли вимерло близько 57 % родів і 83 % видів усього їх класу. Через втрати такої кількості та розмаїття біологічних видів відновлення біосфери тривало набагато довше, ніж після інших катастроф, які призводили до вимирання. Моделі, за якими воно відбувалося, обговорюються.

Найпоширенішою є гіпотеза, згідно з якою причиною катастрофи став вилив трапів (спочатку порівняно невеликих емейшанських близько

260 млн років тому, потім колосальних сибірських – трапів 251 млн років тому).

Тріас-юрське вимирання, що є межею між тріасовим та юрським періодами (200 млн років тому) – одне з найбільших вимирань мезозойської ери, що глибоко торкнулося життя на Землі. Цілий клас конодонтів, які становили 20 % усіх морських родин, усі значно поширені нединозавроподібні архозаври, багато видів земноводних зникли повністю. Щонайменше половина відомих нині видів, що жили на Землі в той час, вимерли. Через цю подію вивільнились екологічні ніші і з юрського періоду почали домінувати динозаври. Тріасове вимирання відбулося менше ніж за 10 000 років безпосередньо перед тим, як Пангея почала розпадатися на частини.

Крейда-палеогенове вимирання (близько 65 млн років тому) охарактеризувалось новим масовим вимиранням видів: зникло близько 40 % усіх існуючих на той час родин тварин. Зникли птерозаври, амоніти, мозазаври, але головними жертвами цієї катастрофи були, звісно ж, динозаври. Причина такого вимирання до сьогодні залишається нез'ясованою.

Стосовно цього питання існують дві, істотно полярні гіпотези. За однією з них, більш високоорганізовані групи витіснили і знищили менш організованих. Друга гіпотеза на чільне місце виводить катастрофічні процеси, зокрема падіння метеоритів. Це могло спричинити різку зміну температури повітря і води, змінити склад атмосфери, рівень сонячної радіації тощо.

Еоцен-олігоценове вимирання (відоме також щодо європейської фауни як Великий перелом (франц. "Grande Coupure")) – значні зміни в складі морської і наземної флори і фауни – розпочалося наприкінці еоцену – початку олігоцену близько 33,9 ± 0,1 млн років тому. Значно поступалося за масштабністю п'яти найбільшим масовим вимиранням в історії Землі. В океанах це вимирання було вельми розтягнутим у часі й тривало приблизно 4 млн років (кінець – пізній еоцен). Сумарне вимирання морських тварин оцінено в 3,2 %, що в кілька разів перевищувало фоновий показник 0,66 %. Більш як половину вимираючих родин наприкінці еоцену становили форамініфери та морські їжаки. На рівні родів помітно вимирав (близько 15 %) морський бентос. З окремих видів можна виділити зникнення в цей період древніх китоподібних.

Існує кілька гіпотез, що пояснюють причини вимирання, проте єдиної думки серед палеонтологів з цього питання немає. Обґрунтованими і досить вивченими гіпотезами є:

– *зіткнення Землі з астероїдами*;

– *виверження супервулканів*;

– *зміна клімату на межі переходу еоцену в олігоцен*;

– *часткове затінення Землі її гіпотетичними кільцями.*

Формування свідомого існування живих організмів пов'язане з появою людини роду Homo і суспільства, що в часових межах приблизно збігається з межею неогенової та четвертинної систем хроностратиграфічної шкали (рис. 5). У темпоральній періодизації цю межу розглядають із тих самих позицій, 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.

Одним із предків людини вважають викопну істоту – пітекантропа (від грец. πίθηκος – мавпа і ἄνθρωπος – людина) – підвиду людей як проміжної ланки еволюції між австралопітеками й неандертальцями, що мешкали близько 700–27 тис. років тому. Нині пітекантропа розглядають як локальний варіант Homo erectus, що поєднав у собі ознаки мавпи й людини. З'явившись на землі, ці істоти змушені були навчитись виготовляти знаряддя праці і застосовувати їх для добування їжі, виготовлення одягу, будівництва житла. Усе це поступово сформувало в них предметну свідомість, спрямовану на перетворення природних об'єктів на предмети, необхідні для задоволення своїх потреб.

Подальший розвиток свідомості людини відбувався під впливом іншого потужного чинника – мовлення. Виникнення мови в первісної людини – закономірний процес, оскільки трудова діяльність із самого початку мала суспільний характер. Виготовлення знарядь праці та їх застосування вимагали від людей спільних дій, а обмін знаряддями і продуктами праці сприяв інтенсивному спілкуванню. Потреба в спілкуванні привела до появи мовлення, за допомогою якого люди передавали один одному свої знання і досвід. Завдяки спільній праці і мовному спілкуванню інстинктивні відносини в стаді почали замінюватись на усвідомлені, а стадо – перетворюватись на суспільство.

Процес формування людини завершився тільки в епоху верхнього палеоліту (близько 40 тис. років тому), коли з'явився сучасний тип людини – *Homo sapiens* – людина розумна (кроманьйонець).

Узагалі провести межу, яка відділяє людину від тварини, складно, як і межу, що відділяє живе від неживого. Тому інформаційний критерій – поява мови й генетичного коду – найчіткіший. Однак цей процес невіддільний від соціальних відносин. Інакше кажучи, людина з'явилась не сама по собі, а у формі суспільства, аналогічно, як і життя зародилось не у вигляді організму, а у формі живої речовини або поля живої речовини [10].

За останніми даними, що ґрунтуються на концепції Ю. Л. Семенова [11], поява людини геологічно була миттєвою подією й пов'язана із сексуальною революцією. Відомо, що в тваринному світі еструс – період сексуальної збудливості самиць – суворо обмежений (у мавп – близько 5 діб) і тільки у жінок – постійний. Короткочасність еструсу в австралопітеків призводила до скорочення їх стада, бо вижити вони могли тільки за умов жорсткої системи біологічного домінування найсильнішого самця. Тому в процесі еволюції створювались сприятливі умови для швидкого росту мозку (100–30 тис. років тому), подовження періоду еструсу в результаті мутації. У стаді стосунки між самцями стали терплячими, а отже мисливців і м'яса – більше. Як наслідок, система біологічного домінування протягом одного–двох поколінь у цій популяції могла змінитись системою соціальних відносин. Отже, біологічний перехід від самиці до жінки (Єви) був великим прогресом в еволюції – виходом на нові інформаційний та енергетичний рівні, оскільки він означав становлення мови, перехід до опанування вогнем.

Приблизно в другому тисячолітті до н. е. зародилась писемність – потужний засіб фіксації та ретрансляції соціально-культурних досягнень. Почалась епоха цивілізації. Відбувався суспільний поділ праці, з'являлись міста, розвивався товарообмін, закладались основи правового регулювання відносин між людьми, виникли держави і перші писані закони.

З часом людина з відповідними засобами виробництва стала головною геологічною силою і споживачем енергетичних ресурсів

планети. Розвиток патріархального суспільства, обравши природопідкорювальну ідеологію, забезпечив власний швидкий прогрес через збільшення експансії в природу і деградацію останньої. Це закономірно призвело до другої глобальної екологічної кризи (перша – киснева катастрофа), в результаті якої біосферу почала витісняти техносфера, яка формує третій ноокібернетичний стовбур життя, адаптований до будь-яких некисневих середовищ, зокрема й до космічного.

Проблеми, що постали перед людством, тісно пов'язані між собою. Швидке зростання чисельності населення призводить до інтенсивнішого використання природних ресурсів, загострює продовольчу проблему.

Уже сьогодні людство споживає природних ресурсів на порядок більше, ніж можна вилучати з біосфери без шкоди її біохімічним циклам і без порушення процесу самовідновлення. Інакше кажучи, людство з XX ст. живе за рахунок своїх нащадків. Більше того, воно поставило біосферу, а отже й себе як невід'ємну її частину, на грань повної деградації.

У зв'язку з різким загостренням екологічної кризи та усвідомленням того, що в умовах погіршення якості довкілля неможливі здорове суспільство і здорова економіка, чимало вчених та організацій у 1970-ті роки розпочали дослідження реальних шляхів розвитку Землі за збереження існуючих тенденцій або екологічного коригування подальшого розвитку. Були запропоновані "сценарії" розвитку Землі, які частіше ґрунтувались на викладенні особистих уявлень авторів про можливий розвиток, і рідше – на науковому прогнозуванні наслідків існуючих тенденцій (неконтрольоване зростання чисельності населення, інтенсифікація економіки без урахування фізичних можливостей Землі тощо) з використанням потужних комп'ютерних моделей. На сьогодні розроблено різноманітні сценарії, які істотно відрізняються за ступенями наукової обґрунтованості та об'єктивності. Деякі з них носять відверто емоційний апокаліптичний характер і попереджують про швидку катастрофу; інші об'єктивніші дають конкретні рекомендації щодо дій [7, 12, 13]. Розглянемо основні сценарії розвитку людства в техногені.

Екологічний волюнтаризм (лат. voluntas – воля), в основі якого лежить антропоцентричний принцип про призначення Природи для задоволення потреб не тільки людства, а й кожного індивідуума, хибні уявлення про невичерпність природних ресурсів і безмежні можливості людини. У прогнозований період часу він призведе до виникнення явищ "екологічного бумерангу" – негативного впливу чинників середовища на всі сфери існування людини. Екологічний волюнтаризм тягне за собою прагнення до екстенсифікації існуючих методів господарювання, заперечення необхідності його інтенсифікації на новій науково-технічній основі. Характеризується відсутністю екологічного мислення, повним ігноруванням законів екології, нерозумінням неминучості переходу до нових технологій, які б за підвищення соціально-економічного ефекту були одночасно екологічно раціональними, а потім і переходу до розвитку в межах господарської місткості екосистеми. Сам по собі сценарій історично цікавий, але конкретна господарська діяльність нерідко будується саме на інтуїтивних уявленнях про миттєву вигоду від тих чи інших проектів [4].

Сценарій управління природою базується на необхідності збереження біосфери як основи існування людства. Передбачає використання природних ресурсів з урахуванням "екологічних імперативів" – обмежень, спрямованих на збереження ресурсного потенціалу планети шляхом "екологізації виробництва" і сприяння відновним процесам на основі пізнання й дотримання законів Природи.

Технократичний сценарій ґрунтується на визнанні можливості повної заміни біосфери як джерела необхідних для людства ресурсів на технічні засоби. Допускається й заміна самої людини на "штучний інтелект" і "кіборги" – біокібернетичні організми з людським мозком і механічним тілом; роль людини зводиться до виробництва необхідних частин кіборгів.

Космічний сценарій передбачає використання космосу для розселення людей, отримання ресурсів, розміщення відходів і вирішення будь-яких проблем, що постануть перед людством. Рано чи пізно людству доведеться покинути Землю і почати колонізацію інших зоряних систем. Від цього залежить не тільки його виживання – людству як виду притаманне прагнення до розвитку, руху вперед. Вийшовши за межі географічних рубежів і біологічних обмежень, воно зумовило подальший розвиток цивілізації, що призвело до технологічних, соціальних, політичних та економічних змін у суспільстві.

"Повернення до природи" – сценарій, заснований на поширеному серед екологічних екстремістів погляді, які вважають, що всупереч незворотності історичного розвитку людство може повернутися до пасторальної ідилії минулого й задовольняти свої потреби "плодами" землі. Людство не повинно робити крок уперед (як припускає більшість футуристів), а має здійснити гігантський стрибок на-

Рис. 5. Основні етапи формування та розвитку людини

зад. Основною передумовою є те, що суспільство нині в основному є споживачем, тому має взяти курс на свідомий регрес (з еволюційного погляду) до стану, коли людина не завдає шкоди планеті. Тільки повернення до передцивілізаційного суспільства може зняти загрозу для планети, природи і для самих себе. Кінцевою метою буде кінець цивілізації і повернення людей у джунглі.

"Вперед до природи" – створення шляхом генної інженерії організмів із новими властивостями, які, будучи впроваджені в екосистеми, контролюватимуть їх у заданому напрямі. Майбутнє, в якому природа стане куди більш буйною і пишною, ніж ми можемо собі уявити. Нові течії енвайронменталізму і трансгуманізму (такі як техногайянізм) зумовлюють розвиток технологій, спрямованих на відновлення навколишнього середовища. Нано- та біотехнології можна буде використовувати для очищення звалищ і знищення відходів виробництва. А в далекому майбутньому можливе трансформування Землі до її первозданного вигляду.

Засновник кіберпанку американський фантаст Брюс Стерлінг виступив 14 жовтня 1998 р. у Сан-Франциско з доповіддю, в якій стверджував, що для боротьби з екологічними проблемами людства треба використовувати найпередовіші технології і працювати разом.

У далекому майбутньому наша планета може стати екологічно більш диверсифікованою, ніж вона колинебудь була у своїй історії. Людей доведеться генетично модифікувати, щоб вони не заважали загальній гармонії навколишнього середовища. Усі енергетичні потреби людства будуть задоволені раз і назавжди – ми станемо цивілізацією першого типу за шкалою Кардашова (планетарна цивілізація використовує ресурси своєї планети повністю, планети її зоряної системи колонізуються і стають частиною ресурсної бази). Деякі екологи виступають ще й за коригування екосистеми Землі: знищення хижаків, щоб травоїдні тварини не страждали. З'явиться можливість контролювати погоду та засоби захисту від природних катаклізмів: астероїдів, землетрусів, вивержень вулканів.

Проте наслідки втручання новітніх біотехнологій поки що непередбачувані, а тим більше зміни екосистем при їх впровадженні.

Катастрофічний сценарій припускає загибель людства в результаті однієї з антропогенних катастроф: ядерної війни, вичерпання ресурсів, забруднення середовища тощо.

Унаслідок можливої ядерної війни знизиться проникність атмосфери для сонячного світла через запилення, в результаті глобальної зміни клімату настане "ядерна зима", що спричинить розвиток ланцюгових негативних реакцій у біосфері аж до повної її загибелі.

Екологічна катастрофа в результаті господарської діяльності буде закономірним фіналом прогресу цивілізації, заміни природи на техносферу – систему, яка саморозвивається, керувати якою, внаслідок її складності, людина неспроможна.

Деградація людства – виродження людини через зміну спадкового апарату в результаті мутагенної дії забрудненого середовища, духовна і моральна деградація (орієнтування на матеріальне споживання, наркоманія, алкоголізація). Багато людей завдає шкоди своєму здоров'ю, чудово усвідомлюючи негативні наслідки (наприклад, паління, вживання алкоголю, наркотиків, інших психотропних препаратів), причому дії урядів деяких держав недвозначно вказують на певну їх зацікавленість у розвитку таких видів бізнесу. У майбутньому людство може зіткнутися з проблемою поголовного вживання лікарських засобів, що містять наркотики, або самих наркотиків, і зусилля реклами, схоже, спрямовані на те, щоб привчити наших дітей вважати ліки чимось життєво необхідним, буденним. Ліки перетворюються із засобу лікування на продукт харчування, а це загрожує дуже серйозними наслідками майбутньому людства.

У документах ООН, прийнятих у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро як нову теорію існування всього людства і природного середовища, було запропоновано концепцію сталого розвитку. Вона сформульована як спосіб подолання головної для сучасної цивілізації екологічної загрози, що існувала у вигляді якоїсь теоретично обґрунтованої небезпеки, усвідомлюваної порівняно вузьким колом учених і політиків і пов'язаної з перенаселенням, незворотнім витрачанням невідновлюваних природних ресурсів, забрудненням навколишнього середовища. Сталий розвиток передбачав гармонізацію відносин людства і біосфери, його розвиток у гармонії із законами природи, що стає можливим за умови усвідомлених обмежень на споживання ресурсів, виходячи з можливостей біосфери. Головною метою сталого розвитку є поліпшення якості життя людей без порушення стійкості екосистем. Хоча загалом концепція сталого розвитку була прийнята світовою спільнотою, до сьогодні не цілком зрозуміло, як досягнути цієї мети й оцінити ступінь наближення до неї, адже визначення первинних потреб дуже відрізняється для людей різних країн і континентів.

У червні 2012 р. відбулась конференція ООН зі сталого розвитку "Ріо+20", яка показала, що на сьогодні, на жаль, світова спільнота не готова серйозно, на політичному рівні підійти до питання майбутнього світу. Домінує економічне мислення, яке не переймається довготривалими наслідками.

У сучасному світі спостерігається значна відмінність між наявними в окремих країнах природними ресурсами та обсягами їх споживання в різних країнах. На сьогодні загальнодоведеним є факт, що 20 % населення Землі, яке живе в промисловорозвинених країнах світу, споживає 80 % усіх ресурсів, а решта 80 % населення слаборозвинених країн – усього 20 % ресурсів.

Сьогодні жорстка конкурентна боротьба за основні ресурси планети "Земля" між провідними державами світу стає ареною найзапеклішої боротьби геополітичних інтересів, нерівність у світі безумовно зростає, збільшується поляризація суспільства.

Згідно з цим варіантом розвитку подій, світ може розділитись на протекціоністські блоки, країни вестимуть жорстокі війни за життєво важливі ресурси, наприклад за воду та джерела енергії – нафту, газ.

Розвинені країни, зберігаючи для свого населення високий рівень споживання, політичними, військовими та економічними заходами триматимуть решту світу в промислово нерозвиненому стані як сировинний придаток, зони скидання шкідливих відходів і джерела дешевої робочої сили.

В умовах такої боротьби між транснаціональними корпораціями за сфери впливу на різних континентах для запобігання знищенню біосфери планети ядерною зброєю єдиним рішенням залишається модернізація системи міжнародних відносин: перехід від відкритого

протистояння до партнерства і взаємовигідного співіснування.

Важливим перспективним напрямом розвитку суспільства залишається інформатизація людства – високоорганізований соціально-економічний і науково-технічний процес розробки та створення сприятливих умов для задоволення інформаційних потреб із використанням інформаційних ресурсів. Одним із перспективних наукових напрямів є глобальне моделювання або побудова математичних моделей, що реалізуються на суперкомп'ютерах, за допомогою яких оцінюють різні варіанти вирішення світових проблем.

Оскільки характерною рисою для людини є непомірність споживання, вчені в майбутньому пропонують скоригувати цю шкідливу рису поступовою заміною людського мозку на штучний інтелект, тобто провести кіборгізацію суспільства. Учені навчаться не тільки відтворювати кожну частину людського тіла, а й коригувати потреби й можливості людини в різних умовах зовнішнього середовища, що забезпечить існування живих організмів навіть в екстремальних умовах.

Однак такий сценарій розвитку майбутнього може піти в іншому напрямі, якщо машини з нелюдським інтелектом почнуть самовдосконалюватись і людина виявиться нездатною зупинити цей процес. Це призведе до надзвичайно швидкого технологічного розвитку, до створення світу, де технології перевершать людину і почнуть керувати фінансовими ринками, науковими дослідженнями, людьми і розробкою зброї, недоступними нашому розумінню. Тому складно прогнозувати, які наслідки для людей може мати створення штучного інтелекту.

З одного боку, більшість сценаріїв розвитку Землі доволі песимістичні, кризовий стан планети передбачається в середині XXI ст., з іншого – є ціла низка безумовних досягнень людства, які залишають надію на подолання основних кризових явищ і поступове досягнення стійкішого (екологічного) стану планети і всіх країн.

Людство поставило біосферу, а отже, і себе як невід'ємну частину біосфери на межу повної деградації. Швидке зростання чисельності населення на Землі, стрімке збільшення обсягів використання природних ресурсів ставлять перед людством нові завдання, які полягають в освоєнні космічного простору, пошуках життя на сусідніх планетах та їх освоєння в майбутньому. Шлях еволюції, який пройшла планета Земля від початку формування, тривалий процес зародження і розвитку життя, недостатня вивченість Всесвіту дають підставу припускати, що аналогічні фізико-хімічні процеси можуть відбуватись і на інших планетах. Постають запитання: "Чи можливе позаземне життя у Всесвіті? Чи може бути повторений шлях еволюції, який пройшла Земля, на інших планетах?" Криза біосфери порушує питання необхідності використання науково-технічного потенціалу людства для пошуків виходу з цієї ситуації.

На основі знань, якими володіє людство сьогодні, одним із варіантів вирішення цієї проблеми є пошук планет, придатних для освоєння людиною. В основу наших прогнозів покладено модель формування життя на Землі від прокаріотів до людини, тобто від простого до складного за період понад 3,8 млрд років.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Еськов К.* История Земли и жизни на ней: от хаоса до человека. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – 312 с.

2. *Заварзин Г. А., Жилина Т. Н.* Содовые озера – природная модель древней биосферы континента//Природа. – 2000. – № 2. – С. 45–55.

3. *Захаров В. Б., Мамонтов С. Г, Сонин Н. И., Захарова Е. Т.* Биология. 11 класс. Профильный уровень. – М.: Изд-во Дрофа, 2007. – 283 с.

4. *Краснощеков Г. П., Розенберг Г. С.* Экология "в законе" (теоретические конструкции современной экологии в цитатах и афоризмах). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2002. – 248 с.

5. *Куприянова Е. В., Пронина Н. А.* Карбоангидраза – фермент, преобразивший биосферу//Физиология растений. – 2011. – 58. – № 2. – С. 163–176.

6. *Марков А. В.* Проблема происхождения эукариот// Палеонтолог. журнал. – 2005. – № 2. – С. 3–12.

7. *Реймерс Н. Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: Россия молодая, 1992. – 367 с.

8. *Розанов А. Ю.* История становления скелетных фаун// Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 12. – С. 62–68.

9. *Розанов А. Ю., Федонкин М. А.* Проблема первичного биотопа эукариот. Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. – М.: Недра, 1994. – С. 25–32.

10. *Рудько Г. І., Адаменко О. М.* Землелогія. Екологоресурсна безпека Землі. – К.: Академпрес, 2009. – 512 с.

11. *Семенов Ю.* Происхождение человека в свете современных данных науки//Вестн. АН СССР. – 1987. – № 7. – С. 120–130.

12. *Степин В. С.* Эпоха перемен и сценарии будущего. 1996: Сокращенный вариант статьи автора "Философская мысль на рубеже двух столетий", опубликованной в сб. "Философия в современном мире"//Философия и жизнь. Науч.-попул. сер. – 1990. – № 11.

13. *Тетиор А. Н.* Устойчивое развитие города. – М.: Комитет по телекоммуникациям и средствам массовой информации правительства Москвы, 1999. – 173 с.

14. *Penny A. M., Wood R., Curtis A.* et al. Ediacaran metazoan reefs from the Nama Group, Namibia. Science 27 June 2014. – 344. – N 6191. – P. 1504–1506. Doi: 10.1126/science.1253393.

15. *Wickramasinghe N. C., Wallis J., Wallis D. H.* et al. Fossil diatoms in a new carbonaceous meteorite//J. of Cosmology. – 2013. – 21. – N 37. – P. 9560–9571.

REFERENCES

1. *Eskov K.* History of the Earth and life on it: from chaos to human. – M.: NTS ENAS, 2004. – 312 p. (In Russian).

2. *Zavarzin G. A., Zhilina T. N.* Natron lakes – a natural model of the ancient continental biosphere// Nature. – 2000. – № 2. – P. 45–55. (In Russian).

3. *Zakharov V. B., Mamontov S. G., Sonin N. I., Zakharova E. T.* Biology. Grade 11. Profile level. – M.: Drofa Publisher, 2007. – 283 p. (In Russian).

4. *Krasnoshchekov G. P., Rosenberg G. S.* Ecology "in the law" (theoretical constructions the modern ecology in quotations and aphorisms). – Tolyatti: IEVB RAN, 2002. – 248 p. (In Russian).

5. *Kupriyanova E. V., Pronina N. A.* Carbonic anhydrase – an enzyme that converts the biosphere// Plants Physiology. – 2011. – 58. – № 2. – P. 163–176. (In Russian).

6. *Markov A. V.* The origin of eukaryotes//Paleontologist. magazine. – 2005. – № 2. – P. 3–12. (In Russian).

7. *Reimers N. F.* Hopes for the survival of humanity. Conceptual ecology. – M.: Rossiya molodaya, 1992. – 367 p. (In Russian).

8. *Rozanov A. Yu.* The history of the skeletal faunas formation// Soros educational magazine. – 1996. – № 12. – P. 62–68. (In Russian).

9. *Rozanov A. Yu., Fedonkin M. A.* The problem of the primary biotope of eukaryotes. Ecosystem restructuring and biosphere evolution. – M.: Nedra, 1994. – P. 25–32. (In Russian).

10. *Rudko G. I., Adamenko O. M.* Earthology. Ecological and resource safety of the Earth. – K.: Akadempres, 2009. – 512 p. (In Ukrainian).

11. *Semenov Yu.* Origin of human in the light of current scientific data//Vestn. USSR Academy of Sciences. – 1987. – № 7. – P. 120–130. (In Russian).

12. *Stepin V. S.* The epoch of changes and future scenarios. 1996: The abridged version of author's article "Philosophical thought at the turn of two centuries", published in digest "Philosophy in the contemporary world"//Philosophy and life. Scientific-pop. ser. – 1990. – № 11. (In Russian).

13. *Tetior A. N.* Sustainable development of the city. – M.: Committee on telecommunications and mass media of the Government of Moscow, 1999. – 173 p. (In Russian).

14. *Penny A. M., Wood R., Curtis A.* et al. Ediacaran metazoan reefs from the Nama Group, Namibia. Science 27 June 2014. – 344. – N 6191. – P. 1504–1506. Doi: 10.1126/science.1253393.

15. *Wickramasinghe N. C., Wallis J., Wallis D. H.* et al. Fossil diatoms in a new carbonaceous meteorite//J. of Cosmology. – 2013. – 21. – N 37. – P. 9560–9571.

Рукопис отримано 28.05.2014.