

Проблема виникнення життя в науковій картині світу

План

- 1. Вступ*
- 2. Абіогенез. Панспермія як концепції виникнення життя.*
- 3. Гіперцикл як синергетична модель виникнення і відтворення життя.*
- 4. Геохімічний підхід до проблеми виникнення і сутності життя.*
- 5. З чого починається життя?*
- 6. Висновки*
- 7. Бібліографія*

1. Вступ

Формування планети Земля, її ландшафту і клімату, атмосфери і літосфери пов'язано з наявністю життя на Землі. Еволюція життя привела до появи людини, розуму, технологічної цивілізації. Людина розумна намагається досягнути досконалості, повноти буття, свободи і на цьому шляху вона шукає закономірності виникнення життя та його відтворення для того щоб вийти за обмеження, що накладаються особливостями функціонування біологічних систем, зробити своє життя більш здоровим, тривалим, гармонійним. Тому життя є в наш час одним з пріоритетних предметів дослідження як в природничих науках так і в гуманітарних.

Для наукової свідомості життя є проблематичним і загадковим. Чому? Життя всюди, ми люди живемо в оточенні рослин, тварин, наше життя неможливо за межами біосфери. Для побутової свідомості життя не є проблемою і питання сутності життя і його походження можуть розглядатися як такі, що не мають сенсу. Це питання на кшталт чому у людини два ока, а дерева ростуть догори.

Але наука виходить за межі побутового досвіду. Вже давно відомо, що планеті Земля біля 4,5 мільярдів років. І перші 700-800 мільярдів років життя на Землі не було. Відомо, що живе складається з тих самих хімічних елементів, що і неживе. Основою життя є білки і РНК та ДНК в основі яких амінокислоти і нуклеотиди. Живе є складною ієрархічною відкритою системою. Звідси виникає така проблема: спочатку життя не було, потім воно виникло. Це явище з одного боку унікальне з другого надзвичайно тривале. Виникнення життя було розтягнуто на сотні мільйонів, а може і мільярдів років. Для науки пізнати значить відтворити. Відтворити процес

виникнення життя поки що, а можливо і взагалі не представляється можливим. Але можна поспробувати промодельовати цей процес.

2. Абіогенез. Панспермія як концепції виникнення життя.

Наші далекі предки і не підозрювали, що питання про походження живого з неживого може стати серйозною проблемою для їхніх нащадків. Для них все навколо було живим, одухотвореним: сонце і повітря, гори і річки, хмари і море. Мудреці Античності й Середньовіччя теж не бачили непрохідною межі між живим і неживим. Слідом за Аристотелем всі вчені аж до 17 століття вважали самозародження життя самим звичайним явищем. В гниючих відходах зароджуються хробаки і мухи, в старому ганчір'ї - миші, на підводних каменях і днищах кораблів - молюски. Могутня "життєдайна сила" пронизує світобудову; вона-то і змушує пасивну матерію породжувати життя. Це вчення - віталізм - не суперечило і біблійної версії космогенезу. Бог дав стихіям творчі сили. І з тих пір - чому ж дивуватися - вода запліднювала, а земля виробляла

Першим засумнівався італієць Франческо Реді (1626 - 1698), який заявив, що, на його думку, будь-який живий організм походить тільки від іншого живого організму. Довести "принцип Реді" вдалося лише два століття по тому, в 1860 г, Луї Пастеру. У серії витончених дослідів з хитро вигнутими колбами він показав, що "зародження" мікроорганізмів в стерильному бульйоні відбувається тільки в тому випадку, якщо їх зародки можуть потрапити в бульйон з повітря або іншим шляхом. Якщо перегородити шлях "зародкам" (залишивши при цьому доступ повітрю), ніякого самозародження не відбувається.[11,31]

Невід'ємна властивість науки - створювати собі проблеми. З віталізмом було покінчено, але всі дивіденди дісталися не науці, а церкві. Живе не може самозароджуватися? Чудово! Але звідки тоді взагалі з'явилося життя? Одне з двох: або вона існувала спочатку (цю точку зору пізніше відстоював В.І.Вернадський), або сотворена богом. Друге, звичайно, найімовірніше: уявити собі "початковість" життя (як і "вічність" Всесвіту) досить важко. А от теорія божого творіння проста і зрозуміла кожному.

Нелегке завдання постало перед науковцями. Довівши неможливість самозародження життя, вони повинні були тепер довго і болісно доводити його можливість. Нехай не тут і не зараз, а дуже давно, і не за годину-другу, а за мільйони років.

Спочатку справа здавалася безнадійною, адже хіміки ще не вміли отримувати органічні речовини з неорганічних. Грань між живою і неживою матерією здавалася нездоланною. Правда, ще 1828 Ф.Велер синтезував сечовину, але це нікого не переконало: подумаєш, сечовина! Чи не органіка, а так, "відхід життєдіяльності". Однак в 1854 р. П.Е.М.Бертло зумів штучно отримати ліпіди, а в 1864 р. А.М.Бутлеров відкрив реакцію синтезу вуглеводів з формальдегіду. Згодом хіміки навчилися одержувати і багато інших органічних речовин з неорганічних. [11,56]

Стало ясно, що між живою і неживою матерією на хімічному рівні немає непереборної грані. Отже, хоча пряме самозародження живих істот неможливо, життя могло з'явитися поступово в результаті довгої "хімічної еволюції". З тих пір (і до цього дня) зусилля вчених спрямовані на пошуки доказів і розвиток цієї гіпотези. Що стосується ідеї про початковості життя, то вона зараз практично не має прихильників, оскільки на перших етапах розвитку Всесвіту синтез навіть найпростіших органічних сполук був неможливий.

Проблему походження життя на Землі, ще з часів Е. Геккеля (1866), зводять до чисто хімічної задачі: як синтезувати складні органічні макромолекули (насамперед - білки і нуклеїнові кислоти) з простих (метану, аміаку, сірководню та ін), які становили первинну атмосферу Землі. Слід чесно визнати, що навіть це технічне, завдання надзвичайно далеке від свого вирішення. У двадцяті роки А. І. Опарін і Дж.Холдейн експериментально показали, що в розчинах високомолекулярних органічних сполук можуть виникати зони підвищеної їх концентрації - коацерватні краплі - які в деякому сенсі поведуться подібно живим об'єктам: мимовільно ростуть, діляться і обмінюються речовиною з навколишнім їх рідиною через ущільнену поверхню розділу. Потім, в 1953 році, С.Міллер відтворив в колбі газовий склад первинної атмосфери Землі (виходячи зі складу сучасних вулканічних газів), і за допомогою електричних розрядів, що імітують грози, синтезував в ній ряд органічних сполук - в тому числі амінокислоти. Через деякий час С.Фоксу вдалося поєднати останні в короткі нерегулярні ланцюги - безматрічний синтез поліпептидів; подібні поліпептидні ланцюги були потім реально знайдені, серед іншої простий органіки, в метеоритній речовині. Цим, власне кажучи, і вичерпуються реальні успіхи, досягнуті в рамках концепції абіогенез - якщо не рахувати того, що було ясно усвідомлено принаймні одне фундаментальне обмеження на можливість синтезу "живих" (тобто біологічно активних) макромолекул з простіших органічних "цеглинок". [5,23]

Справа в тому, що багато органічних сполук являють собою суміш двох так званих оптичних ізомерів - речовин, що мають абсолютно однакові хімічні властивості, але розрізняються так званої оптичної активністю. Вони по-різному відхиляють промінь поляризованого світла, що проходить через їх кристали або розчини, і відповідно до напрямком цього відхилення

називаються право-або ліво обертаючими; властивістю цією володіють лише чисті ізомери, суміші ж їх оптично неактивні. Явище це пов'язується з наявністю в молекулі таких речовин так званого асиметричного атома вуглецю, до чотирьох валентностей якого можуть в різному порядку приєднуватися чотири відповідних радикала. Так от, ці хімічно ідентичні речовини, як з'ясував ще в 1848 р. Л. Пастер, зовсім не є такими для живих істот: пліснявий гриб пеніциліум, розвиваючись в середовищі з виноградної кислоти, "поїдає" лише її правообертальні ізомер, а в середовищі з молочної кислоти - ліво обертаючий (на цьому, до речі, заснований один з методів розділення оптичних ізомерів), людина легко визначає на смак ізомери молочної кислоти.

Зараз відомо, що всі білки на нашій планеті побудовані тільки з лівообертаючих амінокислот, а нуклеїнові кислоти - з право обертаючих цукрів; це властивість, називається хіральності чистотою, вважається однією з фундаментальних характеристик живого. А оскільки при будь-якому абіогенному синтезі (наприклад, в апараті Міллера) утворюються амінокислоти, що будуть складатися з приблизно рівних (з теорії ймовірностей) часткою право-і лівообертаючих, то в подальшому - при синтезі з цієї "сировини" білків - перед нами постане завдання: як хімічними методами розділити суміш речовин, які за визначенням хімічно ідентичні? (Не дарма оптичною активністю володіють лише природні цукри - і жоден з синтетичних, а згадані вище поліпептиди з метеоритного речовини складаються з рівних часток право-і левообертаючих амінокислот.)

Між тим, навіть успішний синтез "живих" макромолекул (до якого ще, що називається, "сім верст - і все лісом") сам по собі проблеми не вирішує. Для того, щоб макромолекули запрацювали, вони повинні бути організовані в клітку - причому ніяких можливостей для "проміжної посадки" в ході цього

немислимою складності "перельоту" начебто не проглядається: все так звані докліткові форми життя - віруси - є облігатними (тобто обов'язковими) внутрішньоклітинними паразитами, а тому навряд чи можуть бути попередниками клітин. Прірва, що відокремлює повний набір амінокислот і нуклеотидів від найпростішої з влаштування бактеріальної клітини, у світлі сучасних знань стала здаватися ще більш непереборної, ніж це уявлялося в минулому столітті.

Відома така аналогія: ймовірність випадкового виникнення осмисленої амінокислотної-нуклеотидної послідовності відповідає ймовірності того, що кілька кілограмів типографського шрифту, будучи скинуті з даху хмарочоса, складуться в сто п'яту сторінку роману "Війна і мир". Абіогенез (в його класичному вигляді) якраз і передбачав таке "скидання шрифту" - раз, 10 разів, 10100 разів - скільки знадобиться, поки той не складеться в необхідну сторінку. Зараз всім зрозуміло, що це просто несерйозно: потрібний для цього час (його цілком можна розрахувати) на багато порядків перевершує час існування всього нашої Всесвіту (не більше 20 млрд років). В результаті ми опиняємося перед неминучою необхідністю визнати пряме втручання в цей випадковий процес Бога (тут можна придумати якісь евфемізми, але суть від цього не зміниться); а раз так, то дана проблема, як легко здогадатися, взагалі не відноситься до сфери науки . Таким чином, виходить, що принаймні в рамках чисто хімічного підходу проблема зародження життя принципово нерозв'язна. [3,208]

В якості альтернативи абіогенез виступала концепція панспермії, пов'язана з іменами таких видатних вчених, як Г. Гельмгольц, У.Томпсон (лорд Кельвін), С. Арреніус, В.І.Вернадський. Ці дослідники вважали, що життя настільки ж вічна і повсюдна, як матерія, і зародки її постійно подорожують по космосу; Арреніус, зокрема, довів шляхом розрахунків

принципову можливість перенесення бактеріальних спор з планети на планету під дією тиску світла; передбачалося також, що речовина Землі в момент її утворення з газо-пилової хмари вже було "інфіковано" "зародками життя", що входили до складу останньої.

Концепцію панспермії зазвичай дорікають у тому, що вона не дає принципової відповіді на питання про шляхи походження життя, і лише відсуває вирішення цієї проблеми на невизначений термін. При цьому мовчазно мається на увазі, що життя повинне було відбутися в якійсь конкретній точці (або декількох точках) Всесвіту, і далі розселятися з космічного простору - подібно до того, як знову виниклі види тварин і рослин розселяються по Землі з району свого походження; в такій інтерпретації гіпотеза панспермії дійсно виглядає просто відходом від вирішення поставленого завдання. Однак дійсна суть цієї концепції полягає зовсім не в романтичних міжпланетних мандрах "зародків життя", а в тому, що життя як таке просто є однією з фундаментальних властивостей матерії, і питання про "походження життя" стоїть в тому ж ряду, що й, наприклад, питання про "походження гравітації".

Легко бачити, що з двох вихідних положень концепції панспермії - вічність життя і повсюдність її поширення - фальсифікуємо лише друге. Проте всі спроби знайти живі істоти (або їх викопні рештки) поза Землею, і насамперед - у складі метеоритної речовини, так і не дали позитивного результату. Неодноразово з'являлися повідомлення про знахідки слідів життя на метеоритах засновані або на помилковій інтерпретації деяких бактеріоподібних неорганічних включень, або на забрудненні "небесних каменів" земними мікроорганізмами. Метеоритна речовина виявилася досить багатой органікою, проте вся вона, як вже було сказано, не має хіральної чистоти; це остання обставина - дуже сильний аргумент проти принципової

можливості існування "міжзоряного життя". Таким чином, принаймні положення, що стосується повсюдності поширення життя у Всесвіті, не знайшло підтвердження. Це змушує зробити сумний висновок, що панспермія, так само як і абіогенез, не дає задовільної відповіді на питання про виникнення життя на Землі.

3.Гіперцикл як синергетична модель виникнення і відтворення життя.

Реальний прорив в цій області намітився лише в останні 20-25 років, і пов'язаний він був з використанням до проблеми виникнення життя теорії систем, що самоорганізуються. Такої, що самоорганізується називають систему, яка має здатність коригувати свою поведінку на основі попереднього досвіду (сам термін був введений в 1947 р. одним з творців кібернетики фізіологом У. Ешбі). Слід відразу визначити, що при цьому було чітко показано, що розгляд процесів розвитку (в тому числі - біологічних систем з добіологічних) принципово неможливий в рамках класичної термодинаміки. Творець альтернативної, нерівноважної, термодинаміки І.Пригожин зробив наукову революцію тих же приблизно масштабів, що свого часу Ньютон або Ейнштейн, і революція ця ще зовсім не завершена. Між тим, всі красиві моделі останніх років - руйнування дзеркальної симетрії з виникненням хіральної чистоти В.І.Гольданского (1986), або гіперциклу М.Ейгена (1982) - працюють тільки в рамках пригожинської термодинаміки. Саме тому всі вони не мають відношення до класичного абіогенезу: якщо Геккель і Опарін зводили біологію до хімії, то фізхімік Ейген, як ми побачимо, у відомому сенсі зводить хімію до біології.

Ейген висунув концепцію утворення впорядкованих макромолекул з неупорядкованого речовини на основі матричної репродукції і природного відбору. Він починає з того, що дарвінівський принцип природного відбору

(ПВ) - єдиний зрозумілий нам спосіб створення нової інформації (це фізична величина, що відображає міру упорядкованості системи). Якщо є система, що себе відтворює з одиниць, які будуються з матеріалу, що надходить в обмеженій кількості з єдиного джерела, то в неї з неминучістю виникає конкуренція і, як її наслідок, ПВ. Еволюційна поведінка, керована ПВ, заснована на самовідтворенні з "інформаційним шумом" (у разі еволюції біологічних видів роль "шуму" виконують мутації). Наявності цих двох фізичних властивостей достатньо, щоб стало принципово можливим виникнення системи з прогресуючим ступенем складності.

В цьому плані попередником Ейгена є біохімік Г.Кастлер (1966), який проаналізував поведінку системи нуклеїнових кислот в рамках теорії інформації. Він прийшов до висновку, що нова інформація виникає в системі, тільки якщо в ній відбувається випадковий вибір ("методом тiku") з наступним запам'ятовуванням його результатів, а не цілеспрямований відбір найкращого варіанту. В останньому випадку можна говорити лише про реалізацію тієї інформації, що закладена в систему спочатку, тобто про виділення вже наявної інформації з "шуму". Сама ж можливість виникнення "новизни" (тобто акта творчості) визначається властивостями інформації як такої: як було показано А. А. Ляпунова (1965), на неї не поширюються закони збереження, тобто інформація, на відміну від матерії та енергії, може бути заново створена (і, відповідно, може бути і безповоротно втрачена).[16,]

Говорячи про ускладнення системи, необхідно згадати висновки ще одного основоположника кібернетики, Дж. фон Неймана (1960), що вирішував проблему самовідтворення автоматів. Виявилось, здатність до самовідтворення принципово залежить від складності організації. На нижчому рівні складність вироджується, тобто кожен автомат здатний відтворити лише менш складні автомати. Існує, однак, цілком певний

критичний рівень складності, починаючи з якого ця тенденція до виродження перестає бути загальною: "Складність, точно так само, як і структура організмів, нижче якогось мінімального рівня вироджується, а вище цього рівня стає самопідтримуваною або навіть може рости".

Отже, Ейгену "всього лише" залишилося знайти реальний клас хімічних реакцій, компоненти яких вели б себе подібно дарвінівський видам, тобто володіли б здатністю "відбиратися" і, відповідно, еволюціонувати у бік збільшення складності організації. Саме такими властивостями, як з'ясувалося, і мають нелінійні автокаталітичні ланцюги, названі ним гіперциклами. Тут необхідно дати деякі пояснення.

Найпростішим випадком каталітичної реакції є перетворення вихідної речовини (субстрат - S) в кінцеву (продукт - P) за участю єдиного ферменту (E); вже цей механізм потребує щонайменше тричленного циклу, який називається реакційним. Існують, однак, і набагато складніші реакційні цикли. Такий, наприклад, цикл Кребса - 12-членний цикл, що лежить в основі клітинного дихання: він каталізує перетворення молекули двоатомної оцтової кислоти (у формі ацетил-коферменту а - $\text{CH}_3\text{CO Coa}$) в 2 молекули CO_2 і 8 атомів Н. Інший приклад - вуглецевий цикл Бете-Вайцекера, що забезпечує світність Сонця за рахунок перетворення чотирьох атомів водню 1H в атом гелію 4He . Незважаючи на серйозні відмінності між цими реакціями (перша є хімічної, а друга - ядерної), вони мають фундаментальним схожістю: в обох високоенергетична речовина перетворюється в продукти, бідні енергією, при збереженні - тобто циклічному відтворенні - проміжних компонентів (інтермедіатів). [15,401]

Наступний за реакційним циклом рівень організації являє собою каталітичний цикл, в якому деякі - або все - інтермедіати самі є каталізаторами для однієї з наступних реакцій. Кожен з них ($E_i + 1$)

утворюється з високоенергетичного субстрату (S) при каталітичній підтримці від попереднього інтермедіату (E_i)). Таким чином, каталітичний цикл як ціле еквівалентний автокаталізатору.

Якщо ж такі автокаталітичні (такі що самовідтворюються) одиниці виявляються, в свою чергу, об'єднані між собою за допомогою циклічного зв'язку, то виникає каталітичний гіперцикл. Гіперцикл, таким чином, заснований на нелінійному автокаталізі - автокаталізі як мінімум другого порядку, і являє собою наступний, більш високий рівень в ієрархії автокаталітичних систем. Він складається з одиниць що себе інструктують з подвійними каталітичними функціями: як автокаталізатор інтермедіат здатний інструктувати своє власне відтворення, і каталізатор відтворення з високоенергетичного субстрату наступного в ланцюзі інтермедіату. Гіперцикл (одним з найпростіших прикладів яких є розмноження РНК-вірусу в бактеріальній клітці) має ряд унікальних властивостей, що породжують дарвіновську поведінку системи. Гіперцикл конкурує (і навіть більш запекло, ніж дарвінівські види) з будь якої самовідтворюваної одиницею, яка не є його членом, і він не може стабільно співіснувати і з іншими гіперциклами - якщо тільки не об'єднаний з ними в автокаталітичний цикл наступного, більш високого, порядку. Побудований з самостійних одиниць що самовідтворюються (це гарантує збереження фіксованої кількості інформації, що передається від "предків" до "нащадкам"), він володіє і інтегруючими властивостями. Таким чином, гіперцикл об'єднує ці одиниці в систему, здатну до узгодженої еволюції, де переваги одного індивіда можуть використовуватися усіма її членами, причому система як ціле продовжує інтенсивно конкурувати з будь-якою одиницею іншого складу.

Отже, саме гіперцикл (який сам по собі - ще чиста хімія) є тим самим критичним рівнем, починаючи з якого складність неймановського "себе відтворюючого автомата" перестає бути такої, що вироджується. Ця концепція, зокрема, цілком задовільно описує виникнення на основі взаємного каталізу системи "нуклеїнова кислота-білок" - вирішальна подія в процесі виникнення життя на Землі. Разом з тим, сам Ейген підкреслює, що в ході реальної еволюції гіперцикл цілком міг "вимерти" - після того, як ферментні системи наступного покоління (з більш високою точністю репродукції) зуміли індивідуалізувати інтегральну систему в формі клітини.

Однак процес виникнення життя можна побачити і з дещо іншої позиції, не біохімічної, а геохімічної, як це робить, наприклад, А.С.Раутіан (1995). Ми вже говорили про те, що з общепланетарної точки зору життя - це спосіб упорядкування і стабілізації геохімічних кругообігів, звідки ж береться сам геохімічний кругообіг?

4.Геохімічний підхід до проблеми виникнення і сутності життя

В останні роки стало модним міркувати про розвиток Всесвіту як про єдиний направлений процес, в ході якого мимоволі і неминуче виникають все більш складні структури. Виник особливий міждисциплінарний напрямок - Big History, або Універсальна Історія. При погляді на історію світобудови "з висоти пташиного польоту" складається враження, що кожен новий крок в еволюції Всесвіту логічно впливав з попереднього і, в свою чергу, зумовлював наступний. Виникнення життя постає вже не випадковістю, а закономірним підсумком розвитку. Всесвіт немов був спочатку спроектований так, щоб у ньому з'явилося життя, і проект цей був надзвичайно точний: найменша зміна базових фізичних констант зробила б життя неможливим. Від релігійного тлумачення цієї обставини придумано

захист - "антропний принцип". Мовляв, якби константи були інші, то в такому Всесвіті нікому було б і розмірковувати про мудрість його устрою. Хто знає, можливо, існує багато різних Всесвітів, і тільки в нашому все так вдало склалося, так що дивуватися нічому.

Фізики стверджують, що Всесвіт з'явилася в результаті Великого Вибуху з якогось нескінченно малого об'єкта. У перші миті не було навіть атомів і молекул. Потім з'явилися елементарні частинки, з них утворилися атоми водню; скупчення атомів перетворилися в зірки першого покоління. У них відбувалася реакція ядерного синтезу, в ході якої водень перетворювався на гелій. Найбільші зірки після виснаження запасів водню вибухали. При цьому тиск і температура в надрах зірки досягали колосальних величин. Це створювало необхідні умови для синтезу важких елементів. Всі елементи важче гелію, в тому числі необхідні для життя вуглець, кисень, азот, фосфор, сірка та інші, могли утворитися лише під час таких вибухів. Зірки першого покоління стали фабрикою з виробництва атомів, необхідних для майбутнього життя.

Вибух зірки не тільки створював важкі елементи, а й розсіював їх в просторі. З нових скупчень атомів утворилися зірки другого покоління, в тому числі і наше Сонце. Хмари розсіяних частинок, що не увійшли до складу центральної зірки, оберталися навколо неї і поступово поділялися на окремі згустки - майбутні планети. Саме на цьому етапі і міг початися синтез перших органічних молекул.

Разом із Землею виник і так званий "геохімічний круговорот". Одні речовини надходили із здавлених, розігрітих надр Землі, формуючи первинну атмосферу і океани. Інші приходили з космосу у вигляді залишків протопланетної хмари, метеоритів і комет. В атмосфері, на поверхні суші і у водоймах всі ці речовини змішувалися, вступаючи один з одним в хімічні

реакції, і перетворювалися на нові сполуки, які, в свою чергу, теж вступали в реакції одна з одною.

Між хімічними реакціями виникала своєрідна конкуренція - боротьба за одні й ті ж субстрати (вихідні речовини - "їжу" для реакцій). У такій боротьбі завжди перемагає та реакція, яка йде швидше. Починається "природний відбір" серед хімічних процесів. Повільні реакції поступово згасають і припиняються, що витісняються більш швидкими.

Найважливішу роль в цьому змаганні грали каталізатори - речовини, що прискорюють ті чи інші хімічні перетворення. Величезну перевагу повинні були одержувати реакції, що каталізуються своїми власними продуктами. Така, наприклад, знаменита реакція Бутлерова, в ході якої з формальдегіду утворюються цукри, які самі і є каталізаторами цієї реакції.

Наступний етап - формування автокаталітичних циклів, в ході яких відбувається не тільки синтез каталізаторів, а й часткове відновлення витрачених субстратів. Від складного і ефективного автокаталітичного циклу вже недалеко і до справжнього життя, адже життя в основі своїй - це, автокаталітичний процес що сам себе підтримує.

Відкритий космос холодний (лише на 4 градуси тепліше абсолютного нуля) тому, що концентрація речовини в ньому мізерно мала ($3 \cdot 10^{-31}$ г/см³), і зіркам просто нема чого нагрівати; з цієї ж самої причини, до речі сказати, Всесвіт прозорий, і ми бачимо небесні світила. У той же час будь-яка планета, будучи непрозорою, акумулює частину енергії, що випромінюється центральним світилом і нагрівається, і тоді між нагрітою планетою і холодним космосом виникає температурний градієнт ТГ. Якщо планета має при цьому досить рухому газоподібному і / або рідку оболонку (атмосферу та / або гідросферу), то ТГ з неминучістю породжує в ній - просто за рахунок конвекції - фізико-хімічний кругообіг. У цей круговорот з неминучістю ж

залучається і тверда оболонка планети (у разі Землі - кора вивітрювання), в результаті чого виникає глобальний геохімічний цикл - прообраз біосфери.

Отже, рушійною силою геохімічних кругообігів є в кінцевому рахунку енергія центрального світила в формі ТГ. Тому елементарні геохімічні цикли (тобто прообрази екосистем) існують в умовах періодичного падіння енергії що надходить в них - в ті моменти, коли вони в результаті обертання планети опиняються на її тіньовій стороні, де ТГ менше. Ця ситуація неминуче повинна породжувати відбір кругообігів на стабільність, тобто на їх здатність підтримувати власну структуру. Найбільш же стабільними виявляться ті кругообіги, що "навчаються" запасати енергію під час світлової фази циклу з тим, щоб витратити її під час темною. Іншим параметром відбору кругообігів, очевидно, має бути збільшення швидкості обігу залученого в них речовини; тут вигравати будуть ті з них, що обзаведуться найбільш ефективними каталізаторами. У конкретних умовах Землі такого роду переваги матимуть ті кругообіг, що відбуваються за участю високомолекулярних сполук вуглецю. [3,231]

Отже, життя у формі хімічної активності зазначених сполук виявляється стабілізатором і каталізатором вже існуючих на планеті геохімічних циклів (включаючи глобальний); цикли при цьому "крутяться" за рахунок зовнішнього джерела енергії. Вам це нічого не нагадує? Ну звичайно - це вже знайома нам автокаталітична система, яка, відповідно, має потенційну здатність до саморозвитку, і насамперед - до вдосконалення самих каталізаторів-інтермедіатів. Звідси стає зрозумілим парадоксальний висновок, до якого незалежно один від одного приходили такі дослідники, як Дж.Бернал (1969) і М.М.Камшілов (1972): життя як явище повинна передувати появі живих істот.

Не менш цікаве і те, що відбувається при цьому з іншим компонентом такої автокаталітичної системи - самою планетою. Далі ми постійно будемо говорити про здатність живих організмів кондиціонувати (тобто перебудовувати в сприятливому для себе напрямку) своє середовище проживання. Розглянувши це явище на планетарному рівні, Дж.Лавлок (1982) висунув свою концепцію Геї, згідно з якою будь-яка населена планета (саме планета як астрономічне тіло!) в певному сенсі є живим об'єктом - Геєю, названою так на ім'я давньогрецької богині, що уособлює Землю. Найбільш розробленою (в математичному відношенні) з моделей Лавлока є "Маргарітковий Мир (Daisyworld)"; методологічно вона схожа з моделлю Лотки-Вольтерра, що описує поведінку системи з двох взаємодіючих популяцій - хижака і жертви, і теж є абстракцією, заснованої на граничному спрощення.

Спочатку кілька пояснень. Система, що знаходиться в стані динамічної рівноваги, відчуває різного роду зовнішні збурення. Вона може або посилювати вихідне обурення, або, навпаки, гасити його, у цих випадках говорять про процеси, що йдуть, відповідно, з позитивним або негативним зворотної зв'язком. Прикладом першого є наступ льодовика: при падінні температури частина опадів випадає у вигляді білого снігу і льоду, внаслідок чого поверхня планети починає сильніше відображати сонячні промені (збільшується її альbedo); це викликає додаткове падіння температури, в результаті покрита льодовиком площа збільшується - і так далі. Негативна ж зворотний зв'язок працює, наприклад, у згаданій системі хижак-жертва: збільшення чисельності зайців веде до подальшого посилення преса хижаків, так як лисиці виявляються здатні вигодувати більше дитинчат; в результаті чисельність обох популяцій коливається навколо якихось середніх значень. Цей тип зворотного зв'язку характерний саме - і перш за все - для

високоорганізованих систем, біологічних і соціальних; саме він перетворює їх в гомеостат (гомеостазис - здатність системи підтримувати свої параметри, наприклад - температуру тіла, в певних межах, мінімізуючи впливу відхиляючих факторів).

Отже, модель Лавлока. Є гіпотетична планета тих же приблизно параметрів, що і Земля, обертається навколо зірки того ж спектрального класу, що і наше Сонце. Більшу частину поверхні планети займає суша, яка повсюдно обвідної і допускає існування життя. Планета називається "Маргарітковий світ", бо єдина форма життя на ній - маргаритки (Bellis) з темними і світлими кольорами (ТМ і РМ); рослини ці здатні існувати в температурному діапазоні від 5 до 40 ° С, прагнучи температуру 20 ° С. Світність місцевого Сонця, згідно з однією із сучасних астрофізичних гіпотез, закономірно зростає в міру його "старіння", тому температура планетної поверхні начебто повинна протягом всієї її історії збільшуватися, причому практично лінійно.

Але ось екваторіальна область планети нагрілася до обумовлених 5 ° С, і тут на сцені з'являються наші маргаритки - ТМ і РМ в приблизно рівній пропорції. При цьому в тих місцях, де частка темних кольорів випадково виявиться вище середньої, локальне альbedo буде дещо зменшуватися, а ґрунт прогріватися до більш високої температури - тобто більш близькою до оптимальних для маргариток 20 ° С. У результаті ТМ отримають селективну перевагу перед СМ, і частка останніх зменшиться до межі. З цього моменту в системі складається позитивний зворотний зв'язок: темні квіти знижують сумарний альbedo планети, прогріта до 5 ° С (і придатна для життя маргариток) область розширюється від екватора, що викликає подальше зниження альbedo, і т.д. Але ось настає час, коли на планеті, вже повністю заселеною ТМ, температура на екваторі - в результаті посилення світності

Сонця - перевалює за 20°C . З цього моменту селективні переваги виявляються на боці світлих кольорів, що збільшують локальне альbedo і знижують температуру своїх місцеперебувань. Розселення по планеті СМ, які витісняють ТМ, відбувається по точно такою ж схемою (від екватора до полюсів), і теж з позитивним зворотним зв'язком. Світність Сонця тим часом продовжує зростати, і настає момент, коли можливості СМ з кондиціонування середовища існування виявляються вичерпані; температура перевалює за 40°C , і планета знову стає мертвою. Так от, розрахунки Лавлока показали, що протягом майже всього часу між цими двома критичними моментами температура поверхні планети буде практично постійною - близько 20° .

Отже, навіть така суперпримітивна біосфера, що складається з єдиного виду рослин, які всього лише і вміють, що варіювати колір своїх пелюсток, здатна створювати ефект цілком космічного характеру - глобально змінювати температуру поверхні планети. Однак більш істотний не факт зміни температури, а те, що планета перетворюється в гомеостат, і підтримує свою температуру постійної всупереч зовнішнім змінам (світності Сонця). Чудово й те, що система як ціле працює з негативним зворотним зв'язком, хоча кожний з її елементів - з позитивним; це є характерною особливістю саме живих систем (згадаємо, наприклад, систему хижак-жертва).

6. З чого починається життя?

Загальноприйнятого визначення життя не існує. Одні вчені вважають, що життя - швидше процес, ніж структура, і визначають його, наприклад, як процес збереження нерівноважного стану органічної системи витяганням енергії з середовища. Такому визначенню можуть відповідати і системи, що не мають чітких просторових кордонів - автокаталітичні цикли, "живі

розчини". Інші підкреслюють обов'язкову дискретність живих об'єктів і вважають, що поняття "життя" невіддільне від поняття "організм".

Нам відома тільки одне життя - земне, і ми не знаємо, які з її властивостей є обов'язковими для будь-якого життя взагалі. Ризикнемо, однак, два таких властивості такі назвати. Це, по-перше, наявність спадкової інформації, по-друге - активне здійснення функцій, спрямованих на самопідтримку, ріст і розмноження, а також на отримання енергії, необхідної для виконання всієї цієї роботи.

Все живе на Землі справляється з цими завданнями за допомогою трьох класів складних органічних сполук: ДНК, РНК і білків. ДНК взяла на себе першу задачу - зберігання спадкової інформації. Білки відповідають за другу: вони виконують всі види активних "робіт". Поділ праці у них дуже суворий. Білки не зберігають спадкову інформацію, ДНК не веде активної роботи.

Молекули третього класу речовин - РНК - служать посередниками між ДНК і білками, забезпечуючи зчитування спадкової інформації. За допомогою РНК здійснюється синтез білків у відповідності із записаними в молекулі ДНК "інструкціями". Деякі з функцій, які виконуються РНК, дуже схожі на функції білків (активна робота по прочитанню генетичного коду і синтезу білка), інші нагадують функції ДНК (зберігання і передача інформації). І все це РНК робить не поодиночі, а при активному сприянні з боку білків. На перший погляд РНК здається "третьою зайвою". Неважко уявити собі організм, в якому РНК зовсім немає, а всі її функції поділили між собою ДНК і білки. Правда, таких організмів в природі не існує.

Яка з трьох молекул з'явилася першою? Одні вчені говорили: звичайно, білки, адже вони виконують всю роботу в живій клітині, без них життя неможливе. Їм заперечували: білки не можуть зберігати спадкову

інформацію, а без цього життя й поготів неможлива! Значить, першою була ДНК!

Ситуація здавалася нерозв'язною: ДНК ні на що не годна без білків, білки - без ДНК. Виходило, що вони повинні були з'явитися разом, одночасно, а це важко собі уявити. Про "зайву" РНК в цих суперечках майже забули. Адже вона, як тоді думали, не може без сторонньої допомоги ні зберігати інформацію, ні виконувати роботу.

Потім, правда, з'ясувалося, що у багатьох вірусів спадкова інформація зберігається у вигляді молекул РНК, а не ДНК. Але це порахували курйозом, винятком. Переворот стався в 80-х роках 20 століття, коли були відкриті рібозіми - молекули РНК з каталітичними властивостями. Рібозіми - це РНК, що виконують активну роботу, тобто те, що повинні робити білки. Серед рібозімов були знайдені і каталізатори реплікації (копіювання, розмноження) молекул РНК - своїх власних або чужих.

У результаті РНК з "майже зайвої" стала "майже головною". Виявилося, що вона, і тільки вона, може виконувати відразу обидві головні життєві завдання - і зберігання інформації, і активну роботу. Стало ясно, що можливий повноцінний живий організм, який не має ні білків, ні ДНК, в якому всі функції виконуються тільки молекулами РНК. Звичайно, ДНК краще справляється із завданням зберігання інформації, а білки - з "роботою", але це вже дрібниці. РНК-організми могли придбати білки і ДНК пізніше, а спочатку обходитися без них. [3,106]

Так з'явилася теорія РНК-світу, згідно якій перші живі організми були РНК-організмами без білків і ДНК. А першим прообразом майбутнього РНК-організму міг стати автокаталітичний цикл, утворений молекулами РНК, що самовідтворюються - тими самими рібозімами, які здатні каталізувати синтез власних копій.

Теорія РНК-світу, спочатку чисто умоглядна, дуже швидко "обростає" експериментальними даними. Хіміки навчилися отримувати рибозіми мало не з будь-якими бажаними характеристиками (для цього синтезують величезну кількість різних РНК з випадковою послідовністю нуклеотидів, а потім просто відбирають з них молекули з потрібними властивостями). Отримано рибозіми, що каталізують синтез нуклеотидів, приєднання амінокислот до РНК та інші біохімічні процеси. Стираючи грань між живим і неживим, вже ростуть на штучних середовищах в лабораторіях обурливі об'єкти - колонії молекул РНК, що розмножуються, здатні до того ж синтезувати білки. Всі живі організми дискретні у просторі і мають зовнішню оболонку. Важко уявити собі живу істоту у вигляді туманної хмаринки або розчину. Проте спочатку протожиття існувало саме у вигляді розчинів. Щоб не розчинитися остаточно, не розсіятися в водах давніх водойм, "живі розчини" повинні були тулитися в крихітних порожнинах, які часто зустрічаються в мінералах. Це тим більш зручно, що деякі мінерали (наприклад, пірит) є непоганими каталізаторами для багатьох біохімічних реакцій. Крім того, поверхня мінералів могла служити своєрідною матрицею, основою, на якій прикріплялися молекули РНК. Упорядкована структура кристалів допомагала впорядкувати і структуру цих молекул, надати їм потрібну просторову конфігурацію. [9,44]

Але рано чи пізно протожиття повинне було обзавестися власними оболонками - перейти від доорганізмного рівня до організмного. Ідеальним матеріалом для таких оболонок є ліпіди, молекули яких здатні утворювати на поверхні води найтонші плівки. Якщо збовтати таку воду, в її товщі утворюється безліч дрібних бульбашок - водяних крапельок, покритих двуслойной ліпідної оболонкою (мембраною). Ці крапельки виявляють цікаві властивості, які роблять їх схожими на живі клітини. Наприклад, вони здатні

здійснювати обмін речовин. Ліпідні мембрани мають виборчу проникність: одні молекули крізь них проходять, інші ні. Завдяки цьому одні речовини втягуються в краплю, інші виводяться, треті - накопичуються всередині. Правда, для того, щоб це відбувалося постійно, одних мембран недостатньо. Потрібно ще, щоб усередині краплі одні речовини перетворювалися на інші, а для цього там повинні знаходитися каталізатори - білки або РНК.

Багато біологів вважають, що все розмаїття життя на нашій планеті відбувається від єдиного вихідного виду - "універсального предка". Інші, в тому числі найбільший мікробіолог академік Г.А.Заварзін, незгодні з цим. Стале існування біосфери можливе тільки за умови відносної замкнутості біогеохімічних циклів. В іншому випадку живі істоти дуже швидко витратять всі ресурси або отруять себе продуктами власної життєдіяльності.

Замкнутість циклів може бути забезпечена тільки співтовариством з декількох різних видів мікроорганізмів, що поділили між собою біогеохімічні функції (прикладом такого співтовариства є ціано-бактеріальні мати). Заварзін вважає, що організм, здатний поодиноці замкнути кругообіг, настільки ж неможлива, як і вічний двигун.

Для етапу хімічного протожиття це ще більш очевидно. Ніяка окремо взята органічна молекула не зможе стійко самовідтворюватися і підтримувати гомеостаз у навколишньому середовищі. На це здатні лише комплекси з досить великого числа різних молекул, які поділили між собою функції. Швидше за все, загальним предком всього живого був не один вид, а поліморфне співтовариство, в якому відбувався активний обмін спадковим матеріалом між організмами. Різноманітність, симбіоз, поділ функцій, інформаційний обмін - початкові властивості земного життя.

Час появи життя на Землі точно не відомо. Ясно одне: якщо наша планета колись і була мертвою, то не дуже довго. Земля сформувалася 4,5 -

4,6 млрд років тому, але від перших 700-800 млн років її існування в земній корі практично не залишилося слідів. Виявлені організми зустрічаються в основному в осадових породах, але найдавніші з відомих осадових порід (формація Ішуа в Гренландії) мають вік близько 3,8 млрд років. І в них уже є сліди життя. Правда, не зовсім зрозуміло, який - РНК-життя або вже сучасної, ДНК-білкової. Ці сліди - чисто хімічні, пов'язані з ізотопним складом вуглецю. Трохи пізніше (3,5 млрд років тому) починають зустрічатися залишки цілих живих організмів - бактерій. Таким чином, життя з'явилася на Землі не пізніше, ніж 3,8 млрд років тому. Епоху РНК-світу деякі фахівці поміщають десь між 4,3 і 3,8 млрд років тому.

7. Висновки.

Як ми з'ясували в процесі нашого дослідження життя складний і багатогранний процес, явище, яке неможливо без суттєвих спрощень і навіть втрати суті справи задати одним єдиним поняттям. По відношенню до життя є абсолютно точним парадоксальний вислів Гегеля, що протиріччя є ознакою істини. Для адекватного розуміння сутності життя необхідним його багатфакторний аналіз. Цей підхід ми реалізували в нашій роботі. Ми розглянули ті сторони феномену життя, які є атрибутивними і необхідними для його існування і визначення.

Зрозуміти життя неможливо без вивчення його генезису, унікального процесу переходу від неживої матерії, пасивної і « субстратної » до активної і динамічної, що зберігає свою самототожність через постійний і необхідний обмін речовиною, енергією і інформацією з оточуючим середовищем. Ми з'ясували чим живе відрізняється від неживого на хімічному і системному рівнях. Життя парадоксально. Воно з одного боку є рух, система відносин,

складна і ієрархічна, з другого боку воно центровано в організмах, і її основою є такі дискретні «цеглинки» яка жива клітина.

Ми поділяємо ту точку зору згідно з якої виникнення життя і його еволюція не є випадковим процесом. Він гарантований самою природою всесвіту.

Дослідження природи життя відкриває перед людиною небачені раніше перспективи і вказує напрями можливого розвитку людства, що відповідають вихідним потенціям розвитку всесвіту.

Бібліографія

1. Вельков В.В. Новые представления о молекулярных механизмах эволюции: стресс повышает генетическое разнообразие (обзор). Молекулярная биология 2002, т.36, №2, с.1-9.
2. Вертьянов С. Происхождение жизни. Факты. Гипотезы. Доказательства. -Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2007. – 144 с.
3. Галимов Э. М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. — М.: Едиториал УРСС, 2006. — 256 с.
4. Д.Глейк. Хаос. Создание новой науки. Амфора. С.-Петербург, 2001, 398 с
5. Данько Я.Н. Проблема происхождения жизни: Научные аспекты: Учебное пособие – М., 2002. – 95с.
6. Еськов Кирилл - Удивительная палеонтология. История земли и жизни на ней. - Издательский дом: НЦ ЭНАС, 2006. - 312с.
7. Камшилов М. М. Эволюция биосферы.-М.: Наука, 1979.-256 с.

8. Лима-де-Фариа. Эволюция без отбора. – Автоэволюция без отбора. – Москва: Мир, 1991. – 455с.
9. Марков А.В. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня. Неожидаанные открытия и новые вопросы. - Астрель, Corpus, 2010
- 10.Микеле Лауро Энциклопедия происхождения жизни на земле. - Махаон, 2006. – 256с.
- 11.Н.Н. Воронцов. Развитие эволюционных идей в биологии. Прогресс-Традиция. 1999. 640 с.
- 12.Современная космология: философские горизонты. Под ред. В.В. Казютинского. М.: "Канон+" РООИ "Реабилитация", 2011. – 432 с.
- 13.Фолсом К. Происхождение жизни. Маленький теплый водоем. - НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2005. - 160с.
- 14.Хорган Дж.. Конец науки. Взгляд на ограниченность знания на закате века науки. С.-П., Амфора. 2001 480 с.
- 15.Эбелинг В., Энгель А., Р. Файстель. Физика процессов эволюции. УРСС. 2001. 326 с.
- 16.Эволюция Вселенной и происхождение жизни. - Экомо, 2010. – 640с.

