ОГЛЯДИ

УДК 612.01

СТЕРЕОІЗОМЕРІЯ В ЖИВІЙ ПРИРОДІ. ЇЇ РОЛЬ У ПРОЦЕСАХ ПОХОДЖЕННЯ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Р. І. Хільчевська

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

Завдяки високому технічному прогресу нашого віку, небувалому розмаху наукових досліджень, які викликали наростаючу лавину наукових фактів, діалектичний метод пізнання в усій своїй повноті та філософському узагальненні виступає як інструмент більш обширного і точного аналізу, необхідного природознавцю для тлумачення результатів своїх експериментів.

Позиція дослідника, його світогляд свідомо або несвідомо визначають істинність узагальнення результатів експерименту, виведення нових закономірностей природних процесів.

Це особливо важливо для розв'язання проблеми нашого віку, породженої філософією та природознавством, проблеми походження життя на Землі. Тільки досягнення останніх десятиліть дали можливість на науковій основі сформулювати вічне прагнення людства до пізнання сенсу і походження життя та перетворити це в науку. Розв'язання цієї проблеми насамперед визначається і залежить від правильного методологічного підходу з позицій матеріалістичної діалектики. Це пов'язано з широтою фронту наукових досліджень у цій галузі, на одному флангу якого, за словами А. Опаріна, знаходяться космогенічні, астрономічні, геохімічні і геологічні дослідження, а на другому — електронномікроскопічне вивчення клітинних структур, порівняльно-біохімічне дослідження обміну речовин у теперішніх організмів та палеонтологічне вивчення найдавніших викопних.

Наявність правих й лівих ізомерів молекул у живих організмах уже близько ста років з часів Пастера служить каменем спотикання, terra incognita всієї проблеми походження життя на Землі.

Існування рацематів, цієї симетрії множини, в неживій природі та їх відсутність в активних системах живого організму провело якісну грань між ними та примусило як природознавців, так і філософів досліджувати перехід від неживого до живого у плані взаємодії і боротьби симетрії і асиметрії в природі, що було спробою матеріалістичного розв'язування цього питання, як одного з найбільш складних питань проблеми походження життя на Землі.

Вчені матеріалісти розглядають симетрію і асиметрію як одну з конкретних форм прояву загального закону діалектики — закону єдності і боротьби протилежностей, який у свою чергу відбиває перехід однієї протилежності в іншу [8].

Тільки у відповідності з діалектичним характером пізнання можна ставити і розглядати складне завдання пояснення структурних характеристик життя — завдання виникнення і ролі асиметрії живих організмів.

У цьому завданні, як ніде, гостро стоїть одне з основних методологічних питань сучасної біології — питання про взаємовідношення між біологічною, фізичною і хімічною формами руху матерії.

У такому аспекті завдання сформульовано відомим фізиком Дж. Берналом: «Можливо, що нам ніколи не вдасться пояснити асиметрію, оскільки вона може бути наслідком однієї єдиної події, в якій вибір між право- і лівоповоротними молекулярними структурами визначився випадком, і з цього часу асиметрія всіх інших молекулярних структур була вже зумовлена. Альтернативне припущення полягає в тому, що між «правою» і «лівою» формами існує невелика відмінність у вільній енергії. Можливо, вона має ядерну природу, на що вказує недодержання парності» [3].

Історія відкриття «правих» і «лівих» молекул (у лапках, оскільки земне поняття правого і лівого може не збігатися з подібним поняттям в іншому світі) почалась у Франції. У першій половині XIX століття відомий фізик і хімік того часу Жан Батист Біо виявив, що кристали кварцу мають здатність повертання площини поляризації світла. Він же встановив, що розчини кварцу такої здатності не мають. Було очевидно, що обертаюча здатність кварцу визначається не асиметрією внутрішньої будови його молекули, а більш крупної конструкції — асиметричною решіткою кварцового кристалу.

Біо зробив і інше відк
і винна кислота, які є про
Праці Біо з оптичної
Луї Пастера. Знаючи, що в
поляризації світла в певном
не повертає, Пастер встано
вини. Для цього йому дове
стали винної кислоти.

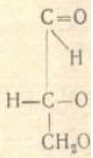
Друге крупне відкритт
ків — він встановив, що пр
кислоти, розчин стає оптичн
одного типу, а їх дзеркальни

Пастер був певний (і
виявити асиметричні речови
Це була, на його думку, е
тепер провести між хімією
Пастеру не вдалося встано
мав сумніву в її існуванні.

Як це часто трапляєть
висунуто одночасно і незал
цем Якобом Вант-Гоффом.
сполуках його міститься в
зв'язками з чотирма іншими
лецю має всього чотири ел
для восьми. Тому у нього
нами із зовнішніх оболонок
різні, гадали Ле Бель і Ван
на і несумісна з своїм д
А тому, що в ньому, напри
куватимуться на однакових

Отже, будь-яка молек
вуглецю, звичайно асимет
кально асиметричні атоми
верта різновидність винної
сказати, що вона внутрішн
зовнішньо компенсована.

Кожна асиметрична м
ізомеричних) форм. Сполу
електромагнітного поля по
ку. Сполука, утворена тим
ляризації так само сильн
повертає площину поляри
речовину, розташовану між
[*D*(+)форма], проти стрілк
кислот, деякі бокові ланцю
ний промінь світла у бік,
цієї амінокислоти, тому бі
кулу гліцеринового альдегід



D-форма

Тепер відомий уже г
щини поляризованого світл
кула поглинає квант світ
більшою енергією, а на ко
починають рухатися інші
електрони рухаються гвин
значається характером гви
додаткову магнітну компон
до повертання площини по

Стереоізомери часто

Біо зробив і інше відкриття, що розчини деяких органічних сполук як-то цукор і винна кислота, які є продуктами живої природи,— також оптично активні.

Праці Біо з оптичної активності органічних речовин надихали двадцятирічного Луї Пастера. Знаючи, що винна кислота, одержана з винограду, повертає площину поляризації світла в певному напрямку, а рацемічна, одержана хімічним шляхом,— не повертає, Пастер встановив, що рацемати — це суміш правої і лівої форм речовини. Для цього йому довелось вручну під мікроскопом відділити праві і ліві кристали винної кислоти.

Друге крупне відкриття у цій галузі було зроблено Пастером через десять років — він встановив, що при вирощуванні деяких видів плісені у розчині рацемічної кислоти, розчин стає оптично активним. Плісень руйнувала тільки молекули кислоти одного типу, а їх дзеркальних напарників не займала.

Пастер був певний (і виявився правим), що лише в живих організмах можна виявити асиметричні речовини, що складаються з асиметричних молекул одного типу. Це була, на його думку, єдина «чітко встановлена демаркаційна лінія, яку можна тепер провести між хімією живої матерії і хімією неживого» (цит. за [5]). Проте, Пастеру не вдалося встановити точну геометричну природу асиметрії, хоч він і не мав сумніву в її існуванні.

Як це часто трапляється в науці, правильне пояснення природи асиметрії було висунуто одночасно і незалежно в 1874 р. французом Жозефом Ле Белем і голландцем Якобом Вант-Гоффом. Обидва вчені припустили, що атом вуглецю в різних сполуках його міститься в центрі тетраедральної структури і сполучається хімічними зв'язками з чотирма іншими атомами, вміщеними по вершинах тетраедра. Атом вуглецю має всього чотири електрони у зовнішній оболонці, хоч там достатньо місця для восьми. Тому у нього чотири вільних місця, які можуть бути заповнені електронами із зовнішніх оболонок чотирьох інших атомів. Якщо всі чотири зовнішні атоми різні, гадали Ле Бель і Вант-Гофф, то така тетраедральна структура буде асиметрична і несумісна з своїм дзеркальним відображенням. Чому йшлося про тетраедр? А тому, що в ньому, наприклад, у випадку CH_4-метану, всі водневі атоми розташовуватимуться на однакових відстанях від центрального атома вуглецю.

Отже, будь-яка молекула, яка містить один або кілька асиметричних атомів вуглецю, звичайно асиметрична. Винятком служать випадки, коли взаємно дзеркально асиметричні атоми врівноважують один одний. Прикладом може бути четверта різновидність винної кислоти, так звана мезовинна кислота. Про неї можна сказати, що вона внутрішньо компенсована. Про рацемічну форму кажуть, що вона зовнішньо компенсована.

Кожна асиметрична молекула може приймати одну з енантіоморфних (стереоізомеричних) форм. Сполука з молекул одного типу внаслідок асиметрії свого електромагнітного поля повертатиме площину поляризації світла в одному напрямку. Сполука, утворена тими ж молекулами іншого типу, повертатиме площину поляризації так само сильно, але у зворотному напрямку. Будь-яка речовина, що повертає площину поляризації світла за стрілкою годинника (якщо дивитись на речовину, розташовану між Вами і джерелом світла), називається правоповоротною [*D*(+)форма], проти стрілки годинника — лівоповоротною [*L*(—)форма]. Щодо амінокислот, деякі бокові ланцюги в їх складі можуть примусити повертати поляризований промінь світла у бік, протилежний конфігурації асиметричного атома вуглецю цієї амінокислоти, тому біохіміки домовились еталоном *D*- і *L*-форм вважати молекулу гліцеринового альдегіду певної форми, як це показано на схемі:

D-форма *L*-форма

гліцериновий альдегід

Тепер відомий уже гліцериновий альдегід і фізичний механізм повертання площини поляризованого світла речовинами з асиметричним атомом вуглецю [21]. Молекула поглинає квант світла, завдяки якому електрон переміщається на рівень з більшою енергією, а на колишньому його місці утворюється «дірка», в напрямку якої починають рухатися інші електрони молекули, якщо молекула асиметрична, то електрони рухаються гвинтоподібно. Напрямок обертання електронного вихра визначається характером гвинтової асиметрії молекули. Цей вихор електронів створює додаткову магнітну компоненту у світловій хвилі, яку випускає молекула. Це й веде до повертання площини поляризації світла.

Стереоізомери часто помітно відрізняються за запахом і смаком. Наприклад,

D-форми амінокислот звичайно солодкуваті на смак. Левонікотин тютюну більш отруйний, ніж декстранікотин, одержаний штучно. Левоадреналін викликає скорочення кровоносних судин у 12 раз сильніше, ніж його дзеркальний двійник. «Відображена» форма вітаміну С не спричиняє на організм практично ніякого впливу. Синтетичний тироксин (правий) знижує вміст холестерину в крові не менш успішно, ніж природний лівий, не прискорюючи реакцій в людському організмі та не призводячи до неврозів і втрати у вазі.

Як відзначає Гарднер [5], дитяче питання маленької героїні відомої книжки Л. Керрола «Аліса в країні чудес» — «Чи сподобається тобі в Задзеркаллі, киця? Чи дадуть тобі там молочка? Може молоко в Задзеркаллі не придатне для пиття...» має глибокий сенс. Сьогодні така ж проблема виникає при розв'язанні питання про створення штучних продуктів харчування для людини. Штучно синтезовані продукти харчування — білки, жири, лактоза одержуються в рацемічній формі, тоді як жива природа поставляє їх у строго визначеній формі стереоізомерів.

Іноді стереоізомери певного типу засвоюються організмом, а їх дзеркальні двійники виділяються як покидьки. В інших випадках організм засвоює обидва стереоізомери з різною швидкістю, реагуючи на них по-різному. Сьогодні одержана досить обмежена кількість ізомерів, які в природі є у відображеній формі, але реакції організму на них ще не вивчені.

Отже, якщо асиметрична сполука трапляється в природі, але не є продуктом життєдіяльності будь-якого організму, то в усіх таких випадках вона виступає в рацемічній формі, тобто у вигляді суміші однакових кількостей правих і лівих молекул. Тепер у процесі утворення сполуки у виробничих або лабораторних умовах обидві різновидності молекули, підлягаючи законам випадку, народжуються однаково часто. Асиметричну сполуку ми одержуємо у вигляді рацемічно симетричної суміші, яка не повертає площини поляризації світла. Чи так це було у далекі часи, на світанку виникнення життя на Землі?

Тепер ми можемо констатувати, що кілька асиметричних хімічних сполук змогли «передрукувати» на ранніх етапах історії Землі асиметрію майже всім молекулам нині відомих живих істот.

У тварин до складу сполук, відповідальних за реплікацію (йдеться про нуклеїнові кислоти), крім піридинових і пуринових основ входять також вуглеводи. Більшість вуглеводів — праві ізомери. Глюкоза (декстроза) і сахароза повертають праворуч, фруктоза (левульоза) — ліворуч. Цікаво відзначити, що серед пентоз, які входять до складу живих організмів, ми знаходимо лише *D*-рибозу або *D*-дезоксирибозу. З природних гексоз глюкоза і маноза трапляються тільки в *D*-формі, а галактоза в обох формах.

Кожний ланцюг ДНК складається з почережних фосфатних груп і залишків *D*-дезоксирибози (і тільки *D*-дезоксирибози!), причому кожна молекула цукру сполучена з пуриновою або піримідиновою основою, яка утворює бокову групу. Стабільність і симетрію подвійної спіралі забезпечують водневі зв'язки між парами основ. Зрозуміло, що однорідна спіраль ДНК не могла б утворитися, якщо б у ланцюг була введена хоч одна молекула *L*-дезоксирибози. Відповідно РНК містить тільки *D*-рибозу.

У свою чергу амінокислоти тваринного організму здебільшого ліві [*L* (—) форма]. Зрідка, переважно в мікроорганізмах трапляються *D*-амінокислоти. Наприклад, деякі з поліпептидів антибіотиків (граміцидин, бацитрацин тощо) містять *D*-амінокислоти, а речовини, що входять до складу стінки капсули і клітинної стінки деяких типів мікроорганізмів, містять *D*-глутамінову кислоту і *D*-аланін.

Але ніколи *D*-амінокислоти не входять до складу білків. Очевидно, навіть якщо єдина амінокислота білкового складу виявиться заміщеною її *D*-ізомером, конфігурація білкової молекули значно зміниться.

Отже, тільки *L*-амінокислоти в білках і *D*-сахари в нуклеїнових кислотах. Чи випадково це? Чи випадково, що ці два стовпи великої концепції Життя трапляються тільки в протилежних енантіоморфних формах?

Щоб зрозуміти причини відбору живими організмами певних оптичних ізомерів, вчені вже давно, з часів Пастера до наших днів звертаються крізь історію еволюції до початку життя на Землі. Сьогодні загадка стереоізомерії живого — складова і найважливіша частина питання про походження життя на Землі. Тепер ми вступаємо в таку галузь науки, де слова «видимо», «ймовірно», «здогадно» на сучасному етапі розвитку природознавства заміняють строгу логіку експериментальних фактів.

Одним з перших порушив питання про походження стереоізомерії живої природи, проте з теологічної точки зору, шотландський хімік Френсіс Роберт Джені. Навівши у журналі «Nature» (1898) чудовий виклад праць Луї Пастера, він писав: «Стереоізомерія одного визначеного типу не могла виникнути під впливом сліпих і симетричних сил природи.... Тільки живий організм з асиметричними тканинами або асиметричні продукти його життєдіяльності, або живий розум, який розуміє, що таке асиметрія, могли домогтися такого результату. Тільки асиметрія породжує асиметрію. Якщо ці висновки справедливі, а я певен цього, то початкове виникнення сполук з однобічною асиметрією, що трапляється в живій природі, таємниця така ж

глибока, як виникнення сам
вони мають хоч вічність дл
здійснить цього подвигу —
виключений, і будь-яке суто
виться безпідставним» (цит.

Проте голоси теологів
ня асиметрії. Одне з оригін
довим вченим В. І. Вернадс
був колись частиною Землі,
відбувся, можливо, якийсь
який і закрутив ліворуч перш

Прихильником біогенно
у 1962 р. у своїй книзі «The
що в первісному земному
асиметрії. Кожна з них мо
мутація однієї лівої молеку
вими суперниками. Її розм
винами іншого знака, здат
вижили тільки ці найбільш
своєму потомству.

Великого поширення вс
енантіоморфів на Землі. Пр
на пануючі зовнішні факто
одностайні в тому, що без
тому, що у оптично активни

Свого часу Л. Пастер
кул відбулась під впливом
проведені ним у потужних
ментально підтвердити цю д

Сьогодні серйозний інте
причини появи асиметричних
факторів, вважається циркул
[2, 10, 18]. Прихильники др
адсорбцію на вже існуючих
або каоліну [1].

Згадані два напрямки,
бов'язані своїм існуванням В

Розсіяне сонячне світло
поля стає частково циркул
компоненти. Виникло припу
відбувались протягом довгі
оптично активних сполук.
експериментальних умов здій
циркулярно-поляризованого

Асиметричного ефекту
симум фотохімічного розкла
стерігається циркулярний ди
кулярно-поляризованого світ
або кобальту). При цьому
циркуляторно-поляризованого
за умов, що реакція здійсню
підтвердження цьому дали д
челом та ін. (цит. за [18]).
лютний асиметричний синте
нуючи хлор до вільного р
Д. Акерман і Дж. Акерман
родної речовини *D*-винної
циркулярно-поляризованого
виваючи цю думку, А. Тере
бережній зоні первісного ок
утворювати комплексні спол
лами. Це привело до значн
циркулярного дихроїзму так
ла правих амінокислот могл
продуктів».

Проте, у більшості біс
ризована компонента сонячн
органічні молекули на Земл
відображення на Міжнарод
у виступі М. Волькштейна,

глибока, як виникнення самого життя... Жодне випадкове зчеплення атомів, нехай вони мають хоч вічність для того, щоб стикатися, утворюючи всілякі комбінації, не здійснить цього подвигу — створення первинної оптично активної сполуки. Збіг виключений, і будь-яке суто механістичне пояснення цього явища безсумнівно виявиться безпідставним» (цит. за [5]).

Проте голоси теологів тонуть у припущеннях і гіпотезах природного походження асиметрії. Одне з оригінальних припущень було висловлене в 1931 р. нашим чудовим вченим В. І. Вернадським. Виходячи з гіпотези групи астрономів, що Місяць був колись частиною Землі, він вважав, що в момент відділення Місяця від Землі відбувся, можливо, якийсь колосальний поштовх, асиметричний за своєю природою, який і закрутив ліворуч перші земні органічні молекули.

Прихильником біогенного шляху зародження стереоізомерії на Землі виступив у 1962 р. у своїй книзі «The Dawn of Life» відомий фізик Джон Раш. Він припустив, що в первісному земному бульйоні існували самовиробляючі молекули обох типів асиметрії. Кожна з них могла живитися тільки молекулою своєї асиметрії. Потім мутація однієї лівої молекули дозволила їй згодом живитися як лівими, так і правими суперниками. Її розмножувані нащадки дістали велику перевагу перед речовинами іншого знака, здатними живитися тільки молекулами свого типу. Нарешті, вижили тільки ці найбільш пристосовані мутанти, які й передали асиметрію всьому своєму потомству.

Великого поширення все ж дістала третя точка зору — абіогенного походження енантіоморфів на Землі. Проте, група вчених, що поділяє її, розходиться у поглядах на пануючі зовнішні фактори, які викликали появу стереоізомерів, але всі вони одностайні в тому, що без молекулярної асиметрії нема і не було життя, хоча б тому, що у оптично активних речовин більш висока вільна енергія, ніж у рацематів.

Свого часу Л. Пастер також віддавав перевагу точці зору, що асиметрія молекул відбулась під впливом абіогенних фізичних зовнішніх факторів. Проте, досліди, проведені ним у потужних магнітних полях і обертових трубах, не могли експериментально підтвердити цю думку.

Сьогодні серйозний інтерес викликають два напрямки наукової думки про головні причини появи асиметричних речовин на Землі: за першим, пануючим серед багатьох факторів, вважається циркуляризоване світло, яке входить до складу сонячного світла [2, 10, 18]. Прихильники другого напрямку схильні вирішальним вважати вибіркову адсорбцію на вже існуючих оптично активних неорганічних речовинах типу кварцу або каоліну [1].

Згадані два напрямки, розроблювані тепер теоретично і експериментально, зобов'язані своїм існуванням Вант-Гоффу.

Розсіяне сонячне світло, відбите від поверхні Землі, під впливом її магнітного поля стає частково циркулярно-поляризованим з невеликим переважанням правої компоненти. Виникло припущення, що під впливом цієї надлишкової компоненти й відбувались протягом довгих років еволюції живого світу спрямовані біосинтези оптично активних сполук. Ця гіпотеза Вант-Гоффа й була поштовхом для пошуків експериментальних умов здійснення абсолютного асиметричного синтезу під впливом циркулярно-поляризованого світла переважаючого знака.

Асиметричного ефекту можна чекати, коли йдеться про речовину, яка має максимум фотохімічного розкладання, що доводиться на довжини хвиль, при яких спостерігається циркулярний дихроїзм (ефект Коттона — різний ступінь абсорбції циркулярно-поляризованого світла оптичними антиподами рацемічного тартрату хрому або кобальту). При цьому відбувається вибіркова абсорбція одного з компонентів циркуляторно-поляризованого світла, що й має призвести до асиметричного синтезу, за умов, що реакція здійснюється за участю асиметричного центра. Експериментальне підтвердження цьому дали досліди тридцятих років, проведені Куном і Брауном, Мітчелом та ін. (цит. за [18]). Того ж часу Карагуліс і Дрекос вперше здійснили абсолютний асиметричний синтез під впливом циркулярно-поляризованого світла, приєднуючи хлор до вільного радикала триарилметилу. Через десять років Л. Генін, Д. Акерман і Дж. Акерман вперше здійснили абсолютний асиметричний синтез природної речовини *D*-винної кислоти; її одержали під впливом правої компоненти циркулярно-поляризованого світла, що є в розсіяному світлі на поверхні Землі. Розвиваючи цю думку, А. Терентьєв і Е. Клабуновський [18] припускають, що «У прибережній зоні первісного океану, де, видимо, виникло життя, амінокислоти могли утворювати комплексні сполуки з залізом, міддю, ванадієм, магнієм та іншими металами. Це привело до значного і вибіркового світлопоглинання внаслідок сильного циркулярного дихроїзму таких комплексів. Переважне зруйнування під впливом світла правих амінокислот могло привести до розвитку лівої форми амінокислот та їх продуктів».

Проте, у більшості біохіміків викликає глибокий сумнів, що циркулярно-поляризована компонента сонячного світла була достатньо ефективною, щоб усі первісні органічні молекули на Землі дістали виражену ліву асиметрію. Ці сумніви дістали відображення на Міжнародному симпозіумі з проблеми виникнення життя на Землі у виступі М. Волькштейна, на думку якого неорганічна і жива природа в принципі

мають посідати однакове положення до циркулярно-поляризованого світла, але асиметрія послідовно здійснюється тільки в останній. Ступінь кругової поляризації розсіяного і відбитого світла на Землі такий малий, що навряд чи така кругова поляризація може бути причиною спостережуваної асиметрії. А. М. Шкловський [20] відзначає, що циркулярно-поляризованої компоненти в сонячному випромінені взагалі не виявлено.

В основу другого напрямку досліджень була покладена думка Вант-Гоффа про можливість оптичної активності рацемата при введенні його у контакт з оптично активними сполуками, що діють у вигляді розчинника, адсорбента тощо. Ця ідея Вант-Гоффа дістала розвиток у гіпотезі Ш. Акаборі [1] з Осакського університету. На його думку, передбілки на Землі утворювались у три стадії: I — утворення аміноацетонітрилу з формальдегіду, аміаку і ціаністого водню; II — полімеризація аміноацетонітрилу, адсорбованого на твердій поверхні, видимо, на глині з наступним гідролізом полімеру до полігліцину і аміаку; III — введення бокових ланцюгів у полігліцин шляхом взаємодії з альдегідами або з ненасиченими вуглеводнями. При наявності такого механізму можна чекати утворення амінокислотних залишків, які мають в одиночному пептидному ланцюгу одну й ту ж конфігурацію, якщо припустити, що конфігурація речовини, адсорбованої на твердій поверхні, має цисформу. Якщо полігліцин, адсорбований на твердій поверхні, мав будову, згадану Ш. Акаборі, то площина, в якій знаходиться один атом вуглецю і два атоми водню метиленової групи, має, на його думку, бути перпендикулярною до твердої поверхні. Реагуюча молекула має прийти ззовні, і, отже, тільки один атом водню, спрямований назовні, має прореагувати, даючи початок амінокислотним залишкам такої ж стереохімічної конфігурації в усьому даному пептидному ланцюгу. Отже, можливо [16], що оптична асиметрія розвивалась спочатку в результаті стереоспецифічної полімеризації, утворення високомолекулярних асиметричних каталізаторів. Тобто, спочатку утворились оптично активні полімери, а вже потім, завдяки їм — енантіоморфи мономерів.

Як видно з викладеного, у цій концепції також багато припущень. І проте, якщо прийняти, що єдиною причиною дисиметрії первинних колоїдів були мінерали, довелося б для пояснення однобічної дисиметрії природних амінокислот припустити існування однобічної ж дисиметрії кристалів земних порід. А для цього поки нема підстав [18].

Чи існують ще якісь асиметричні природні фактори, які можуть сприяти утворенню і розвитку переважно однієї форми амінокислот, з одного боку, і протилежного знака вуглеводів — з іншого?

Так, такий фактор існує, і ім'я йому — Час. На це питання позитивно відповідає радянський астрофізик Н. Козирєв [15].

Застосовуючи фізичні закони для пояснення явищ зоряного Світу, людина неодмінно поширює на Всесвіт також і всі наслідки другого закону термодинаміки. У Всесвіті ж нема жодних ознак деградації, яка випливає з цього закону, в ньому нема і слідів наближення теплової і радіоактивної смерті. Якщо розглядати планети, зорі або цілі астрономічні системи як замкнені ізольовані системи, то для них теплова смерть має помітно наблизитися, раніш ніж прийде допомога осторонь. Такі деградовані стани мали б бути переважними, а водночас вони майже непомітні.

Залишаючись в рамках звичайних законів механіки і фізики, доводиться вважати, що спостережувана картина Світу є наслідком якихось катастроф, які оновлюють Світ, хоч логічно ці катастрофи слід вважати безпричинними, оскільки вони відбуваються всупереч законам природи.

Ці питання були покладені в основу ряду праць Н. Козирєва з теорії внутрішньої будови зірок та джерел зоряної енергії [12, 13, 14].

Одержані результати, цілком несподівані з точки зору теоретичної фізики, привели до створення Н. Козирєвим «Причинної або несиметричної механіки в лінійному наближенні». Показавши на прикладі небесних тіл несиметричність законів механіки, він приходить до висновку, що ця несиметричність може означати тільки одне, що час має деяку несиметричну властивість, пов'язану з нерівноцінністю реального Світу та його дзеркального відображення. Ця властивість часу може бути названа направленістю або ходом часу. Отже, зірка є тільки уявним «perpetum mobile», зірка черпає енергію з ходу часу. З астрофізичних спостережень можна заключити, що хід часу може не тільки збільшувати енергію системи, але збільшувати й її момент обертання.

Важливим наслідком постулатів причинної механіки було положення, підтверджене Козирєвим у досліді із зважуванням обертових вовчків (гіроскопів), про те, що зменшення ваги обертового вовчка відбувається при обертанні його за стрілкою годинника, якщо дивитися з боку, до якого направлений тягар вовчка,— тобто визначений дослідом знак ходу часу нашого Світу позитивний у лівій системі координат. Це означає зменшення активної сили, прикладеної до тіла при обертанні його за стрілкою годинника, якщо дивитися з боку дії активної сили, і, навпаки,— збільшення активної сили при руху проти стрілки годинника. Ця властивість ходу часу залежить від маси обертових тіл: чим більша їх маса, тим більше проявляється влас-

тивість ходу часу. Ось чому
на гігантських вовчках-зорях.

Енергія системи тіл, що
при будь-якій зміні відносни
пово можливий двигун, який
словами, час має енергію.

Хід часу може змінюват
ної системи. Виникає питанн
спостереженнях, відіграти пев
товій планеті?

Козирєв відповідає на це
направлених проти збільшенн
цесах хід часу може відрізня
фізичні дані, точні біологічні
звичайного балансу енергії вн
хід часу дійсно створює нері
то явища асиметрії в біолог
часу».

Спробуємо, дотримуючис
кувати, як саме хід часу мі
самого життя на Землі. При
концепція не виходить за рам

Звернемося до схеми е
Розглянемо І еру. Насамперед
мування і розвитку нашої з
маси [19]. По суті, сучасна
щення. Можна припустити, щ
планети була більша, ніж
проміжки дня і ночі заступа
те, що хід часу обертових т
звичайного ходу часу геомет
тань, можна припустити, що
ня, які тепер значно слабкіш
процеси, що відбувалися на п
діють на складові частини п
(проти стрілки годинника), т
потужне ультрафіолетове вип
приладами у високі розрідж
інтенсивності сонячної радіац
поглинаються киснем атмосфе
проведені рядом авторів (нап
$+ NH_3 + CO$ і воду, у рідко
фіолетовим промінням з довж
реакції можна виявити ряд
на ці реакції, можна гадати,
нокислоти були лівоповоротни
стосуватися всіх органічних і
асиметричні центри.

До аналогічного припу
осмислити деякі закономірно
живій природі дістала розви
та її переважання залежало
рідного відбору речовин асим
системи, оскільки саме вони,
широкими можливостями для

У первісному бульйоні
сприятливих умов середовищ
амінокислот та інших асимет
гетичним рівнем, який розш
нові можливості для переходу
ти існування структур, що на
як ми їх тепер уявляєм, але
обміну з навколишнім середо
ріаціях. В ході кількісного
перетворювались на нову якіс
лишнім середовищем. Це мо
утворення. Ці білковоподібні
створювати з простих компон
нюючи таким чином у перві
Життя, оскільки ці молекули

тивість ходу часу. Ось чому перші свої спостереження радянський астрофізик провів на гігантських вовчках-зорях.

Енергія системи тіл, що перебувають у рівновазі, може тільки збільшуватися при будь-якій зміні відносних обертань тіл, які складають систему. Отже, принципово можливий двигун, який використовує хід часу для одержання роботи. Іншими словами, час має енергію.

Хід часу може змінювати не тільки енергію, але й момент обертання механічної системи. Виникає питання, чи могла ця властивість часу, яку ми виявляємо в спостереженнях, відіграти певну роль у процесах походження життя на нашій обертовій планеті?

Козирєв відповідає на це питання позитивно: «...суть життя полягає в процесах, направлених проти збільшення ентропії. Це означає, що в організмах у деяких процесах хід часу може відрізнятися від світового ходу часу. Тому так само як і астрофізичні дані, точні біологічні досліди мають показати в процесах життя порушення звичайного балансу енергії внаслідок використання життям світового ходу часу. Якщо хід часу дійсно створює нерівноцінність Світу та його дзеркального відображення, то явища асиметрії в біології і в мікросвіті повинні пояснюватися направленістю часу».

Спробуємо, дотримуючись напрямку ідеї основних положень Козирєва, прослідкувати, як саме хід часу міг стати причиною появи стереоізомерів, а, можливо, і самого життя на Землі. При цьому ми, зрозуміло, не забуватимемо, що представлена концепція не виходить за рамки гіпотези.

Звернемося до схеми етапів еволюції за Опаріним — Холденом (цит. за [7]). Розглянемо I еру. Насамперед слід відзначити, що на думку геологів, у процесі формування і розвитку нашої земної кулі була втрачена значна частина її первісної маси [19]. По суті, сучасна Земля — це лише ядро первісного протопланетного згущення. Можна припустити, що за часів, охоплених поняттям «I ера», маса нашої планети була більша, ніж сьогодні, швидкість її обертання була також більша, проміжки дня і ночі заступались швидше. Якщо виходити з гіпотези Козирєва про те, що хід часу обертових тіл відрізняється від звичайного ходу часу тим, що до звичайного ходу часу геометрично додається відносна лінійна швидкість цих обертань, можна припустити, що в I еру на Землі існували додаткові сили — напруження, які тепер значно слабкіше виражені і які сприяли прояву впливу ходу часу на процеси, що відбувалися на первісній планеті. Ці сили збільшували активні сили, що діють на складові частини первісного «органічного супу» в лівій системі координат (проти стрілки годинника), тобто за ходом часу. Такою активною силою могло бути потужне ультрафіолетове випромінення насамперед. Запуски ракет із спектральними приладами у високі розріджені шари атмосфери вказують на наявність великої інтенсивності сонячної радіації в області довжини хвиль менше 1850 Å, які сильно поглинаються киснем атмосфери і тому не досягають поверхні Землі. Експерименти, проведені рядом авторів (наприклад [17]), показали, що опромінюючи суміш CH_4 + + NH_3 + CO і воду, у рідкому стані, яка була у зіткненні з цими газами, ультрафіолетовим промінням з довжиною хвиль, близькою до згаданих вище, у продуктах реакції можна виявити ряд амінокислот. Беручи до уваги прояв впливу ходу часу на ці реакції, можна гадати, що в переважній своїй масі, якщо не повністю, ці амінокислоти були лівоповоротним стереоізомером. Рівною мірою це припущення може стосуватися всіх органічних і неорганічних сполук, які існували тоді на Землі і мали асиметричні центри.

До аналогічного припущення приходить і філософ при спробі філософськи осмислити деякі закономірності, відображені поняттями симетрія — асиметрія: «...у живій природі дістала розвиток існуюча в неживій природі тенденція до асиметрії, та її переважання залежало від особливостей органічного синтезу і дальшого своєрідного відбору речовин асиметричної будови у процесі наступного розвитку в живі системи, оскільки саме вони, маючи найвищий енергетичний рівень, володіли більш широкими можливостями для вступу в реакції з цілим рядом інших речовин» [9].

У первісному бульйоні органічних речовин первісної Землі в силу створених сприятливих умов середовища і завдяки величезному переважанню лівих ізомерів амінокислот та інших асиметричних азотистих органічних сполук з підвищеним енергетичним рівнем, який розширював хімічну активність їх і тим самим створював нові можливості для переходу до систем більш складних, цілком імовірно припустити існування структур, що нагадують білки. Можливо, це були ще не зовсім білки, як ми їх тепер уявляєм, але це могли бути вже досить складні полімери, здатні до обміну з навколишнім середовищем. Вони утворювались знову і знову в різних варіаціях. В ході кількісного наростання елементів структури цих полімерів вони перетворювались на нову якість, однією з характерних рис якої був обмін з навколишнім середовищем. Це могли бути «коацервати» Опаріна або подібні до них утворення. Ці білковоподібні полімери, втягуючись у процеси обміну речовин, могли створювати з простих компонентів зовнішнього середовища свою структуру, здійснюючи таким чином у первісній формі функцію оновлення. Але це ще не було Життя, оскільки ці молекули не були здатні до реплікації, до самовідтворення.

З настанням II ери і особливо в часи III ери умови, що існують на Землі, різко змінюються. По-перше, планета втрачає свою масу, уповільнюється її обертання, отже прояв впливу ходу часу на земні процеси зменшується. З іншого боку, завдяки зникненню водню і появи шару озону різко скорочується «активна сила» — кількість ультрафіолетового випромінення, що потрапляє на Землю. Це призвело до створення умов на Землі, які вже чимось нагадують сучасні. В органічному «супі» тепер вже здійснюються процеси, результатом яких є поява *L*-форм, так і рівною мірою й *D*-форм органічних сполук.

Короткий огляд сучасних уявлень про послідовні етапи еволюції

Ера	Визначальні умови середовища	Основні джерела енергії	Результат
I.	Анаеробні, сильно відновлювальні	Ультрафіолет, тепло, електричні розряди	Прості радикали. Нагромадження органічних молекул в океані. Ацетат, гліцин, урацил, аденін тощо («органічний бульйон», за Опарiним—Холденом).
	Зникнення водню		
II.	Анаеробні сліди кисню	Ультрафіолет, тепло Видиме світло	Складні органічні сполуки, каротини, нуклеотиди, пептиди, поліфосфати, пігменти, порфірини. Каталіз метал-органічними сполуками. Примітивний каталіз на поверхнях. Міжмолекулярні окислювально-відновні реакції.
	Поява шару озону (захист від ультрафіолету)		
III.	Переважно анаеробні; деяка кількість двоокису вуглецю; сліди кисню	Видиме світло	Еволюція «синтетичних циклів». Багаторазова реплікація. Специфічний каталіз і фотохімічні процеси на поверхні великих органічних молекул. Примітивні ферменти. Гени.
	Перші організми		
IV.	Ті самі умови, що й для ери III.	Видиме світло (фотовідновлення) Бродіння	Реплікація метаболічних одиниць за рахунок «їжі». Фотофосфорилювання. Фотоконверсія ацетату. Зменшення запасу первісної органічної «їжі». Фотовідновлення двоокису вуглецю за рахунок органічних і неорганічних донорів водню.
	Поява великих кількостей кисню		
V.	Переважно аеробні з окремими анаеробними областями (двоокис вуглецю спочатку в більшій, а потім у меншій кількості)	Видиме світло (фотосинтез) Дихання	Автотрофні рослини. Нове джерело «їжі». Поява дихаючих організмів. Автоокислення, фотоокислення. Диференцировка багатоклітинних організмів. Рослини і тварини стають повністю залежними від фотосинтезу, для якого необхідний вільний двоокис вуглецю. Встановлення сучасних рівноважних умов. Неперервний кругообіг приблизно постійного об'єму органічного матеріалу.

У ті часи ця обставина могла бути визначальним моментом для існування життя на Землі.

Переважання лівоповоротних компонентів у структурі передбілків органічного бульйону, підвищуючи рухливість системи в цілому, привело до вибіркового ускладнення їх структури за рахунок *D*-форм вуглеводів. Це ускладнення структури передбілка було якісно новим ступенем у його розвитку — з'явились нуклеїнові кислоти,

які набули якості цілого, ц
нову якість, характерну д
матерії живого — самовідтв
передачі спадковості — док
люючі часи. Завдяки бага
назавжди залишилась у ж
зовнішніх «імпульсів» і чи
у неорганічному світі, оскі
нестійкий і прямує до збіл
сьогодні говорити про іс
сахарів у нуклеїнових кисло

Отже, тезис про те,
зв'язку між окремими ком
розвиток цих зв'язків, бул
сьогодні можна наповнити
сучасного природознавства.

1. Акабори Ш.— В сб.:
2. Бахадур К.— В сб.:
3. Бернал Дж.— Возни
4. Волькштейн М.—
5. Гарднер М.— Этот п
6. Гаузе Г. Ф.— Асимме
7. Гаффон Г.— В сб.: Г
8. Готт В. С., Депенч
закону єдності і бороть
9. Депенчук Н. П.— С
10. Клабуновский Е.
11. Клабуновский Е.
12. Козырев Н. А.— ДА
13. Козырев Н. А.— Изв
14. Козырев Н. А.— ДА
15. Козырев Н. А.— Пр
ближении. Пулково, 195
16. Пасынский А.— В
17. Теренин А.— В сб.: В
18. Терентьев А., Кл
Земле, М., 1969, 99.
19. Фесенков В.— В сб
20. Шкловский М.— В
21. Эйринг Г., Джон
«Мир», 1964, 174.

які набули якості цілого, що включають особливості їх складових частин і водночас нову якість, характерну для більш високого рівня організації органічної матерії, матерії живого — самовідтворюваність. Існуючий нині механізм біосинтезу білка і передачі спадковості — доказ і пам'ять, які природа залишила людині про ті хвилюючі часи. Завдяки багаторазовій реплікації асиметрія амінокислот і вуглеводів назавжди залишилась у живій природі, тоді як поступове зникнення внутрішніх і зовнішніх «імпульсів» і чималий вік нашої планети привели до існування рацематів у неорганічному світі, оскільки, за Гаузе [6], оптична ізомерія одного знака — стан нестійкий і прямує до збільшення ентропії, тобто до симетрії. Саме тому ми можемо сьогодні говорити про існування рацематів у неживій природі, тільки *D*-ізомерів сахарів у нуклеїнових кислотах та *L*-ізомерів амінокислот у білках.

Отже, тезис про те, що симетрія і асиметрія, які виражають не тільки спосіб зв'язку між окремими компонентами, елементами єдності в просторі і часі [8], але й розвиток цих зв'язків, були причиною появи нової якості на Землі — Життя, вже сьогодні можна наповнити біологічним змістом, застосовуючи гіпотези і досягнення сучасного природознавства.

Література

1. Акабори Ш.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 197.
2. Бахадур К.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 149.
3. Бернал Дж.— Возникновение жизни, М., «Мир», 1969.
4. Волькштейн М.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 183.
5. Гарднер М.— Этот правый, левый мир, М., «Мир», 1967.
6. Гаузе Г. Ф.— Асимметрия протоплазмы. М.— Л., 1940.
7. Гаффон Г.— В сб.: Горизонты биохимии, М., «Мир», 1964, 51.
8. Готт В. С., Депенчук Н. П.— Симетрія і асиметрія, як одна з форм прояву закону єдності і боротьби протилежностей, К., 1960.
9. Депенчук Н. П.— Симметрия и асимметрия в живой природе, К., 1963.
10. Клабуновский Е.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 168.
11. Клабуновский Е., Патрикеев В.— Вест. МГУ, 1953, 5, 53.
12. Козырев Н. А.— ДАН СССР, 1950, 70, 3, 389.
13. Козырев Н. А.— Изв. Крым. астрофиз. обсерват., 1950, VI, 54.
14. Козырев Н. А.— ДАН СССР, 1951, 79, 2, 217.
15. Козырев Н. А.— Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулково, 1958.
16. Пасынский А.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 184.
17. Теренин А.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1959, 144.
18. Терентьев А., Клабуновский Е.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1969, 99.
19. Фесенков В.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1969, 13.
20. Шкловский М.— В сб.: Возникновение жизни на Земле, М., 1969, 114.
21. Эйринг Г., Джонс Л., Спайко Дж.— В сб.: Горизонты биохимии, М., «Мир», 1964, 174.

Надійшла до редакції
29.V 1970 р.