

Б. Й. Цуканов

ГЛОБАЛЬНИЙ БІОЛОГІЧНИЙ ГОДИННИК ЕВОЛЮЦІЇ

Своєрідність і особливості часу життя В. І. Вернадський назвав біологічним часом [5]. За його поглядами [6], саме поява життя визначає початковий момент відліку біосферного часу Землі. Якщо погодитися з поглядами В. І. Вернадського, що до виникнення біосфери не ведеться відлік часу, то звідси "...витає логічний висновок: не життя існує на фоні часу Всесвіту, а Всесвіт — на фоні часу життя" [14, 371].

Як підкреслював В. А. Войтенко, проблема біологічного часу — це, насамперед, проблема біологічного годинника [7]. Накопичені факти дають достатню кількість підстав стверджувати, "...що організм є "машина", конструкція котрої насправді створена для виміру часу" [7, 75]. Але чи вимірює біологічний годинник фізичний (астрономічний) час? Відповідаючи на це питання, всі дослідники біологічного годинника прийшли до одностайного висновку, що живі системи всіх рівнів організації, починаючи з типу найпростіших, існують у власному часі, який зовсім не має відношення до так званого фізичного (астрономічного) часу [1], [10]. Про це говорять такі факти. У всіх живих систем виявлені власні спонтанні близькододові (циркадіанні) ритми життєдіяльності. Виняток складають лише прокаріоти, у яких немає близькододового ритму [19, 65]. Циркадіанні ритми (Cd) є вільнопоточними [3], а їх тривалість лише приблизно відповідає 24-годинному періоду обертання Землі. Тому вони одержали назву "близькододових". Для узгодження власної поведінки з чергуванням денних та нічних періодів у живих систем існує механізм підлаштування фази [19].

Ще більш суттєві факти були одержані в дослідженнях відбиття часу. Як з'ясувалося, протягом всієї еволюції ні в тварин, ні в людини не сформувався спеціальний орган для сприймання часу [25]. Цей факт дослідники пояснюють

тим, що у часу відсутні ознаки фізичного (енергетичного) подразника і за межами живої системи він не має предметної реальності [8], [21]. На рівні свідомого індивіда (особистості) час взагалі переживається як "чиста тривалість" дискретних моментів "нестискуваного теперішнього", які послідовно змінюють один одного [2]. У власних дослідженнях було показано, що квант "нестискуваного теперішнього" для людей знаходиться в межах $0.7 \text{ с} \leq \tau \leq 1.1 \text{ с}$ і виконує функцію жорсткого "кроку", котрим особистість вимірює швидкість плину часу, що переживається [22].

Необхідно відзначити, що в сучасній фізиці триває вимушений перегляд уявлень про природу часу [11], оскільки питання "Куди плине час? Як і чому розпочався час?" для фізики залишаються відкритими [23]. Ці питання, на думку І. Пригожина [16], взагалі вислизають з фізики і він закликає чинити опір намаганням "пояснити" стрілу часу. Для її пояснення фізики змушені вводити у фізичний світ спостерігача, тобто суб'єкта — носія свідомості, як це зробили фон Нейман [20] і Еддінгтон [24].

Дослідникам біологічного годинника відомо, що у всіх організмів, які відносяться до еукаріотів (рослини і тварини), середній циркадіанний період наближається до 24-годинного. Але у кожної окремої особини він може бути меншим, або більшим 24 годин. Так, вже у найпростіших (амеба) він може бути гранично скороченим до 16 годин, або розтягнутим до 60 годин [7]. Подібний розкид ($17 \text{ год} \leq \text{Cd} \leq 30 \text{ год}$) має місце у різних представників флори і фауни: морські водорості, комахи, рослини, ссавці [3]. Спеціальні дослідження з штучним чергуванням світла і темряви показують, що в людини не вдається викликати циркадіанний період, тривалість якого була б коротшою 17-ти годин [19]. І, навпаки, у змінених умовах

існування (в підземних печерах) циркадіанний період у людини розтягується до 30 і навіть до 48 годин [18].

Як відомо, довготривалість періоду обертання Землі навколо власної осі збільшується в середньому на 0,0015 с. за 100 років [23] і тривалість доби, якщо її виразити в прийнятих на сьогоднішній день одиницях часу (стандарт — секунда), в різні геологічні періоди була коротшою 24 годин. В цьому неважко переконатися, використовуючи результати досліджень Дж. Уельса [14]. Він довів, що річна кількість добових ліній у коралів середньодевонської епохи становить від 410 до 385. Звідси легко одержати діапазон зафіксованих циркадіанних періодів 21,4 год. $\leq Cd \leq 22,8$ год. Інакше кажучи, у середнього корала середньодевонської епохи циркадіанний період відповідав $Cd = 21,1$ год. Корали середньодевонської епохи були вимушені існувати в більш коротких циркадіанних ритмах, що дозволяло їм підлаштувати свою активність до чергування світла і темряви при більш швидкому обертанні Землі.

Оскільки на сьогодні дослідникам біологічного годинника відомо, що найкоротший циркадіанний період $Cd = 16$ год. має місце у найпростіших еукаріотів (амеба), то логічно припустити, що в ньому зафіксовано той момент часу, коли добова тривалість обертання Землі відповідала 16 годинам. Для перевірки цього припущення ми використовували такий вираз:

$$T = T_0 + \Delta Cd \cdot n \quad (1)$$

де T — інтервал часу віддаленості від нульової точки, а ΔCd — різниця в тривалості доби. Підставляючи у цей вираз $\Delta Cd = 24 - 16 = 8$ годин, легко одержати $T = 1,9 \cdot 10^9$ років. Це відома точка віку формації Ганфліт, віддаленість якої від нульової точки (умовно — 1950 рік) визначена дослідниками і становить $1,9 \pm 0,2 \cdot 10^9$ років [19]. На такому інтервалі віддаленості в шарах чорного сланцю знайдені останки багатьох типів ви-

копних рослин: одноклітинні та нитчатки [13, 45]. Характерною особливістю для цієї точки є те, що поблизу неї відмічена концентрація вільного кисню в атмосфері. За останніми палеонтологічними даними знайдені представники гантфлітської мікрофлори за своїми властивостями можуть бути віднесені до еукаріотів. Цей висновок, як відзначає С. А. Мороз [15], має принципове значення. Розрахунок, проведений нами (формула 1) по мінімальному циркадіанному періоду найпростіших, переконливо доводить, що саме цим періодом точно зафіксований момент появи в історії Землі на інтервалі в $1,9 \cdot 10^9$ років від нульової точки живих систем, які вже мали клітину з ядром.

Виходячи з відомої тези про однорідність фундаментальних процесів життя на різних рівнях складності, можна припустити, що життя з самого початку свого виникнення є глобальним біологічним годинником, який фіксував у власному часі ходу дискретну послідовність стрибків розвитку біосфери. Для перевірки цього припущення нами допускалося, що сповільнення обертання Землі навколо власної осі, починаючи з моменту утворення земної кори ($T \sim 4,6 \cdot 10^9$ років), складає в середньому 0,0015 с. за 100 років. Варіюючи значення ΔCd на 0,1 год., можна (формула 1) легко одержати неперервний спектр інтервалів віддаленості від нульової точки. Якщо порівняти його з відомими стрибками в біосфері на геохронологічній шкалі, то можна виділити ряд особливих точок (точок сингулярності), які знаходяться між собою в певному числовому відношенні (таблиця 1). Насамперед привертає увагу точка $T_0 = 576 \cdot 10^6$ років ($\Delta Cd = 2,4$ год.). За палеонтологічними даними саме $\sim 576 \cdot 10^6$ років від нульової точки почалася “вибухоподібна” скелетна революція. В ній відбувається так звана IV біохімічна революція, з неї починається кембрійський період палеозойської ери. На підході до неї ($T \sim 600 \cdot 10^6$ років) спостерігається початок першого великого вимирання [14]. Унікальна особливість цієї точки полягає в тому, що найближ-

ча вища особлива точка протерозойської ери $T_8 = 1,152 \cdot 10^9$ років ($\Delta Cd = 4,8$ год.) точно дорівнює $2T_9$, а найближча точка $T_{10} = 288 \cdot 10^6$ років ($\Delta Cd = 1,2$ год.) пермського періоду дорівнює $1/2 T_9$. Поблизу точки T_8 відбувається різкий перехід від ферментації до дихання. Це також відома “точка Пастера”. Нижня точка T_{10} не менш відома. В ній починається “вибух” фауни на суші. Взявши відношення $T_8/T_9; T_9/T_9; T_{10}/T_9$, ми одержимо ряд 2:1:0,5. Це відношення говорить про те, що глобальний годинник життя має власний дискретний хід з певним кроком. Для більшого унаочнення можна порівняти відношення відповідних значень ΔCd ($4,8; 2,4; 1,2 = 4:2:1$). Інакше кажучи, від “точки Пастера” до початку скелетної революції циркадіальний період уповільнився на 2,4 години, а від початку скелетної революції до моменту “вибуху” фауни на суші він уповільнився на 1,2 години.

Розглянемо ще дві точки, симетрично віддалені від T_9 (в подальшому К). Так, з точкою $T_7 = 1,728 \cdot 10^9$ років пов’язане збільшення різноманітних аеробних прокариотів та утворення Мегагеї. З точкою $T_{11} = 144 \cdot 10^6$ років (початок крейдового періоду) пов’язана знаменна подія — поява перших наземних квіткових рослин. Порівнюючи ці інтервали з інтервалом К, одержимо: $T_7:K = 3:1$ і $T_{11}:K = 1:4$. Таким чином, якщо прийняти інтервал К за масштабну одиницю, то легко виявити в механізмі глобального біологічного годинника ряд зафіксованих особливих точок, позначених на геохронологічній шкалі і кратних масштабній одиниці. Первісною є точка $T_1 = 4,6 \cdot 10^9$ років, яка точно відповідає $8K$ і з якою пов’язується утворення земної кори, початок першої біогеохімічної революції та зародження життя [14]. Перші сліди життя виявлені приблизно $4 \cdot 10^9$ років від нульової точки, чому відповідає інтервал $T_2 = 7K$. Інші особливі точки, кратні масштабній одиниці К, наведені в таблиці 1. Як видно з таблиці, в докембрії глобальний біологічний годинник з самого моменту виникнення дискретно вимінював свій час і точно відмічав стрибки змін у

власному механізмі, у відповідності з масштабною одиницею К. В докембрії цей годинник безперервно змінював свій хід, зв’язуючи його через кожні 2,4 години уповільнення обертання Землі, нібито синхронізуючи появу нової якості життєдіяльності з подовженням чергування світла і темряви через точно дозований період. Так, якщо в точці $T_3 = 6K$ завершується формування первинних анаеробних організмів, а в точці $T_4 = 5K$ їх кількість різко збільшується, то в точці $T_5 = 4K$ організми вже використовують аеробний фотосинтез. З цього порівняння випливає, що глобальний біологічний годинник тільки через $2,3 \cdot 10^9$ років від початку виникнення життя точно зафіксував момент значущості сонячного світла в життєдіяльності організмів на рівні прокариотів, однак останні залишилися байдужими до чергування періодів світла і темряви, про що свідчить відсутність у них циркадіального ритму до сих пір.

В особливому становищі в докембрії перебуває тільки точка $T_6 = 3,3K$, яка зафіксувала момент появи еукариотів. Вони, навпаки, виявились залежними у своїй життєдіяльності від тривалості періодів чергування світла і темряви, що призвело до появи власного циркадіального ритму. Ця залежність і стала, мабуть, однією з найважливіших умов появи, збільшення та зникнення різноманітних форм життя. Але про це мова піде дещо нижче.

Всі відомі особливі точки, які розташовані на геохронологічній шкалі нижче точки К, перебувають з нею у іншому відношенні. Так, перша точка (T_{10}) після К віддалена від нульової точки на інтервал $1/2K$, друга точка (T_{11}) віддалена на інтервал $1/4K$, третя точка (T_{12}) віддалена на інтервал $1/8K$ тощо (таблиця 1).

Як видно, з самого початку кембрійського періоду, глобальний біологічний годинник життя перейшов на більш прискорений хід, роздрібнюючи масштабну одиницю на більш короткі дискретні проміжки для фіксації стрибків в біосфері аж до останнього стрибка $T_{23} = 35 \cdot 10^3$ років, який зафіксував появу кроманьйонця. Нами навмис-

Таблиця 1

Дискретний масштаб часу життя і стрибки в біосфері

№ п/п	Різниця в тривалості доби від нульової точки (ΔC_d)	Інтервал часу віддаленості (Т) від нульової точки (в роках)	Кратність інтервалу з масштабом К	Фіксація стрибка в біосфері	Примітки
1.	19,2 год	$4,608 \times 10^9$	8К	Виникнення життя	Утворення земної кори
2.	16,8 год	$4,03 \times 10^9$	7К	Перші сліди життя	Утворення океанів та материків
3.	14,4 год	$3,45 \times 10^9$	6К	Поява первинних анаеробних прокаріотів	
4.	12 год	$2,88 \times 10^9$	5К	Збільшення анаеробних прокаріотів	
5.	9,6 год	$2,304 \times 10^9$	4К	Аеробний фотосинтез	
6.	7,92 год	$1,9006 \times 10^9$	3,3К	Поява еукаріотів	Концентрація кисню в атмосфері
7.	7,2 год	$1,728 \times 10^9$	3К	Збільшення різноманітності аеробних прокаріотів. Сліди еукаріотів.	Утворення Мегагеї
8.	4,8 год	$1,152 \times 10^9$	2К	Витискування прокаріотів еукаріотами. Перехід від ферментації до дихання. Статеве розмноження.	“Точка Пастера”
9.	2,4 год	576×10^6	К	“Вибухоподібний” початок скелетної революції.	Перше велике вимирання (600×10^6 років)
10.	1,2 год	288×10^6	1/2К	“Вибух” фауни на суші. Різде збільшення біомаси. Широке розповсюдження хребетних на суші.	
11.	0,6 год	144×10^6	$(1/2)^2$ К	Поява перших наземних квіткових рослин. Збільшення ссавців, птахів, комах.	
12.	0,3 год	72×10^6	$(1/2)^3$ К	Початок дивовижного “великого мезозойського вимирання”. Поява приматів?	Поява приматів 65×10^6 років
13.	9 хв.	36×10^6	$(1/2)^4$ К	Перші людиноподібні мавпи-парапитеки.	
14.	4,5 хв.	18×10^6	$(1/2)^5$ К	Поява дріопітека Кенії	
15.	2,55 хв.	9×10^6	$(1/2)^6$ К	Відокремлення гілки гомінід	
16.	1,125 хв.	$4,5 \times 10^6$	$(1/2)^7$ К	Поява найдавнішого австралопітека	
17.	33,75 с.	$2,25 \times 10^6$	$(1/2)^8$ К	Поява людини вмілої	
18.	16,87 с.	$1,125 \times 10^6$	$(1/2)^9$ К	Вимирання австралопітека. Залишається єдиний представник гомінід — людина пряма.	
19.	8,44 с.	562×10^3	$(1/2)^{10}$ К	Поява людини розумної.	
20.	4,22 с.	$281,25 \times 10^3$	$(1/2)^{11}$ К	?	
21.	2,11 с.	$140,62 \times 10^3$	$(1/2)^{12}$ К	?	
22.	1,05 с.	$70,31 \times 10^3$	$(1/2)^{13}$ К	?	
23.	0,53 с.	$35,15 \times 10^3$	$(1/2)^{14}$ К	Поява кроманьйонця	

не не розглядалася (таблиця 1) поява і зникнення інших типів ссавців. Починаючи з точки 1/16 К (36·10⁶ років), поблизу якої зафіксована поява парапитека, подальше порівняння палеонтологічних даних з розрахунковими показує, що моменти появи дріопітека Кенії, відділення гілки гомінід, поява австралопітека, “людини умілої”, “людини прямої” і “людини розумної” точно відповідають моментам, зафіксованим в дробових одиницях масштабу К. Між моментами появи “людини розумної” і моментом появи кроманьйонця (таблиця 1) мають місце три особливі точки (позначені “?”), які цілком ймовірно зафіксували три якісних стрибка в цьому переході. Але диференціація цих трьох різновидів людей поки що не проведена, оскільки опис кінця четвертинного періоду пов’язаний з певними труднощами [15].

З палеонтології відомо, що в певні періоди трьох ер (палеозойська, мезозойська, кайнозойська) мала місце різка зміна форм життя. Ця зміна характеризується появою нових видів, з наступним періодом їх панування і зникнення. Можна вважати палеонтологічно доведеною закономірність, що багато рослин і тварин наприкінці останнього плінного періоду попередньої ери змінювалися так, що набували можливості переходити в наступну еру. Інші такої можливості не мали, тому втрати своєрідних груп органічного світу були неминучими [9], [17]. Інколи такі втрати носили катастрофічний характер. Так, наприкінці крейдового періоду відзначене “велике мезозойське вимирання”, коли загадково зникли динозаври. Кайнозойський рубіж не змогли подолати багато видів тварин. Початок мезозойського вимирання до цього часу має край суперечливі пояснення [15], [17]. Спробуємо розглянути ці зміни і втрати в еволюції, опираючись на закономірності ходу глобального біологічного годинника з урахуванням механізму підлажування фази циркадіанного ритму.

Дослідники біологічного годинника встановили, що механізм підлажування

фази [1], або механізм затягування ритму [3] властивий всім еукаріотам тваринного і рослинного світу, які нині існують на Землі [4]. Цей механізм працює за певними правилами. Насамперед, механізм підлажування фази спрацьовує в момент переходу від світла до темряви (С-Т), або в момент переходу від темряви до світла (Т-С), чому в природних умовах відповідає зміна дня ніччю, або зміна ночі днем [1]. Синхронізація циркадіанного періоду з чергуванням світла і темряви через обертання Землі відзначається різкою точністю. Уінфрі [19, 63] підкреслює, що підлажування фази потребує виключної точності тому, що розбіжність всього на одну хвилину призводила б до того, що, наприклад, людина (еукаріот найвищої організації), існуючи два роки з фазою активності вдень і фазою спокою вночі, через зазначену розбіжність в підлажуванні фази, наступні два роки змушена буде існувати з фазою активності вночі і фазою відпочинку вдень. Тривалість фаз активності і спокою в межах циркадіанного періоду залежать від довготривалості світлового і темного періодів доби [4], [19]. Причому [3, 332], що дуже важливо, при зсуві в бік подовження періодів С-Т активна фаза починається раніше, при зсуві в бік скорочення періодів С-Т, вона затримується (підкреслено нами — Б. Ц.). І, нарешті, існує загальне правило: чим складніший організм, тим важче проходить підлажування фази до періоду, який значно відрізняється від його власного циркадіанного ритму [3, 71].

Враховуючи ці жорсткі правила, а також те, що глобальний біологічний годинник через точно дозовані інтервали (масштаб К) чітко фіксував подовження світлових і темних періодів, обумовлених уповільненням обертання Землі, логічно припустити, що здатність до затягування циклу виявилась головною умовою, яка визначала довготривалість часу існування різних типів і класів еукаріотів в еволюції життя.

Як відомо [13], [15], приблизно 10⁹ років (2К) від нульової точки життя на Землі було досить різноманітним і

еукаріоти почали витісняти прокаріотів. В цій точці зафіксовано перехід від ферментації до дихання, а також появу статевого розмноження. За період від $2K$ до K відбувається відокремлення окремих груп безхребетних, з'являються справжні багатоклітинні, тришарові тварини поділяються на первинноротих і вторинноротих [9]. При наближенні до точки K ($\sim 600 \cdot 10^6$ років) починається перше масове вимирання величезної кількості типів еукаріотів [9]. За період від $2K$ до K обертання Землі уповільнилось на $\Delta Cd = 2,4$ години (таблиця 1). Як видно, ті еукаріоти, які не перейшли рубіж в точці K , виявились нездатними до затягування власних циркадіанних ритмів на $\Delta Cd > 2,4$ години в зв'язку з подовженням чергування періодів світла і темряви. Для перевірки висунутого вище припущення розглянемо довготривалість існування різних типів тварин, які з'явилися в інтервалі від K до $1/2K$. Для цього дещо перетворимо вираз (формула 1):

$$(2)$$

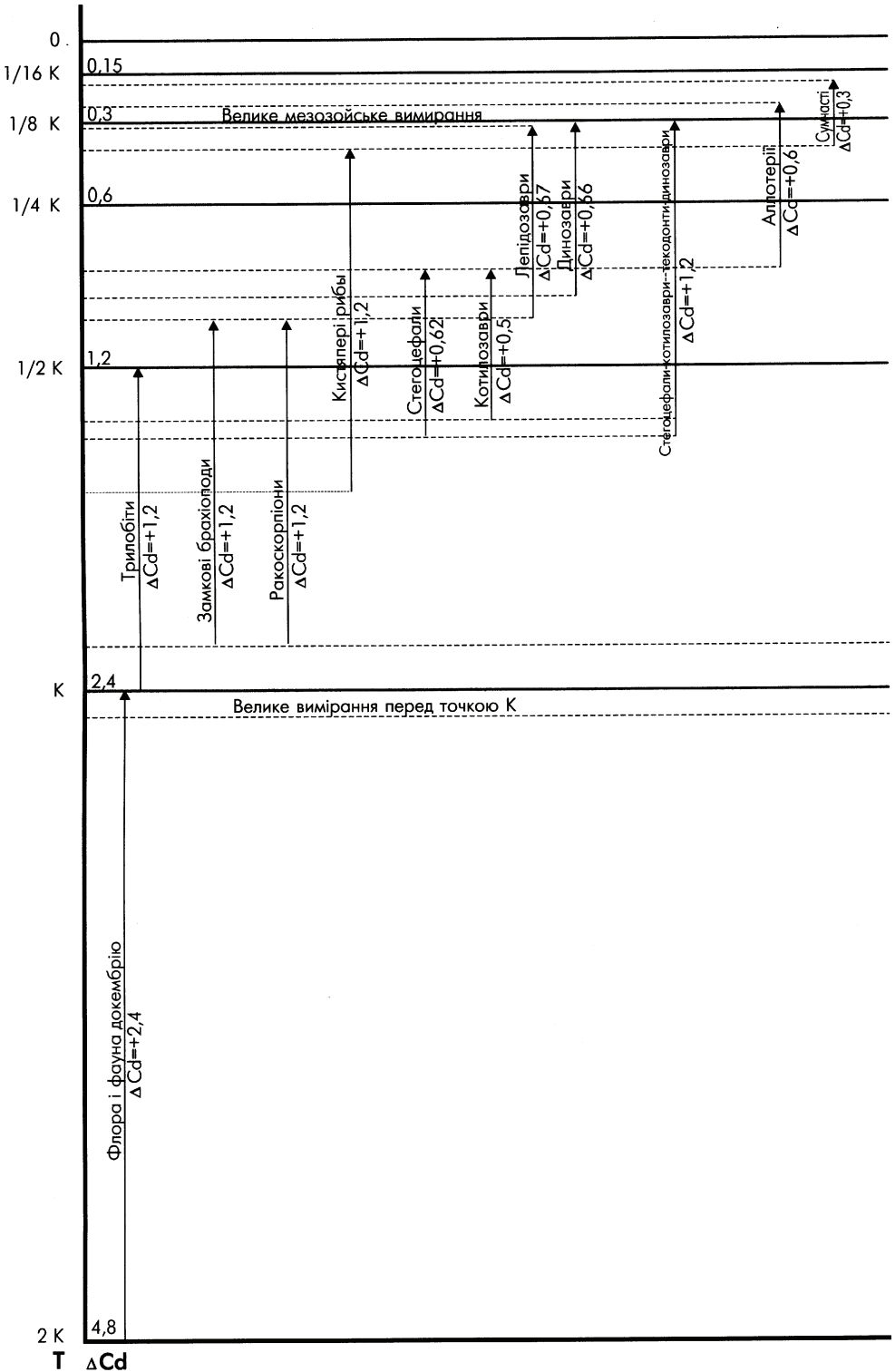
де ΔCd — інтервал гранично дозволеного затягування циркадіанного ритму даним типом тварин, а ΔT — інтервал їх існування.

Використовуючи відомі схеми геохронологічного розповсюдження тварин [9], [17], легко одержати інтервали довготривалості їх життя, а використовуючи формулу 2, легко розрахувати граничний інтервал дозволеного затягування циркадіанних ритмів. Порівняння інтервалів доготривалості життя з інтервалами затягування ритмів подане на малюнку 1. Як видно з малюнка 1, трилобіти з'явилися на початку “вибухоподібної” скелетної революції (точка K) і проіснували до точки $1/2K$ (“вибух” фауни на суші). Розрахунок (формула 2) показує, що тривалість їх існування відповідає затягуванню циркадіанного ритму на $\Delta Cd = 1,2$ години. Дещо пізніше ($\sim 540 \cdot 10^6$ років) з'являються замкові брахіоподи та ракоскорпіони, котрі проіснували до $\sim 250 \cdot 10^6$ років, чому відповідає затягування на

$\Delta Cd = 1,2$ години. Ще пізніше ($\sim 400 \cdot 10^6$ років) з'являються кистепері риби та існують до $\sim 100 \cdot 10^6$ років, чому відповідає затягування їх циркадіанного ритму на $\Delta Cd = 1,25$ години. Тут виявляється вельми знаменна особливість ходу глобального біологічного годинника. Наведені типи тварин з'явилися в інтервалі $K - 1/2K$, в межах спливання якого добове обертання Землі уповільнилось на 1,2 години. Як видно, незважаючи на різні моменти своєї появи в одному і тому ж інтервалі, всі наведені еукаріоти проіснували протягом такого проміжку часу, за спливом якого вони вибрали дозволений їм глобальним годинником наділ затягування власного циркадіанного ритму на $\Delta Cd = 1,2$ години. Завидна точність для різних представників, які існували у водному середовищі посткембрія.

В міру зміни середовища існування глобальний годинник вносив відповідну корекцію в механізм затягування ритму. Так, від кистеперих риб походять представники земноводних — стегоцефали, і плазунів — котилозаври [9]. І перші й другі з'являються майже одночасно (малюнок 1). Стегоцефали існують протягом інтервалу $\Delta T = (360-210) \cdot 10^6$ років, а котилозаври протягом інтервалу $\Delta T = (340-210) \cdot 10^6$. Для стегоцефалів $\Delta Cd = 0,62$ години, а для котилозаврів $\Delta Cd = 0,5$ години, тобто вони існують нібито половину інтервалу часу, який дозволено для затягування білядобового ритму. Від котилозаврів прямо походять лепідозаври ($\Delta T = (250-90) \cdot 10^6$ років), а через проміжну ланку (текодонти) з'являються динозаври ($\Delta T = (230-72) \cdot 10^6$ років). Лепідозаври і динозаври з'являються в інтервалі $1/2K - 1/4K$, за спливом якого добовий період обертання Землі збільшився на $\Delta Cd = 0,6$ години. Таким чином, відведений їм інтервал існування обмежений часом затягування циркадіанного ритму на 0,6 години. Дійсно, розрахунок (формула 2) показує, що реальне затягування для лепідозаврів і динозаврів в середньому складає $\Delta Cd = 0,66$ години.

Але, якщо прослідкувати ланцюжок: “стегоцефали — котилозаври — теко-



Мал. 1. Порівняння інтервалів тривалості життя еукаріотів з інтервалами затягування їх біологічних ритмів (пояснення в тексті)

данти — динозаври”, то інтервал $\Delta T = (360-72) \cdot 10^6$ років його наскрізного існування відповідає заданій межі зтягування ритму на $\Delta Cd = 1,2$ години. Інакше кажучи, в ланцюжку, який розкладається, глобальний біологічний годинник в цілому іде в режимі, відповідно інтервалу $K-1/2K$, а на кінцевій ланці — динозаврах, він іде в режимі, відповідно інтервалу $1/2K-1/4K$. Таким чином, в особливій точці $T = 1/8K$, позначеній глобальним біологічним годинником, має місце фазова сингулярність, тобто в цій точці закінчується можлива межа підладжування фази циркадіанного ритму, як по всьому ланцюжку, так і в його кінцевій ланці. Для кінцевої ланки — динозаврів — ця точка виявилася фатальною. Їх видовий біологічний годинник зупинився на точці $1/8K$, оскільки виявився нездатним до подальшого зтягування циркадіанного ритму. Динозаври зникли практично раптово [17]. Образно кажучи, вони були викинуті з механізму глобального біологічного годинника, як зламана стрілка. За оцінками фахівців, “раптовість” зникнення динозаврів складає інтервал $\Delta T \sim 8 \cdot 10^6$ років [15], чому відповідає необхідність збільшення зтягування циркадіанного ритму всього на $\Delta Cd = 2$ хвилини. Саме цих двох хвилин і не вистачило динозаврам в підладжуванні фази видового біологічного годинника. Як зазначалося вище, достатньо розходження всього на одну хвилину в підладжуванні фази циркадіанного ритму, щоб через два роки перейти на нічний спосіб життя. Можна собі уявити, чим став нічний спосіб життя для динозаврів з їх нестабільною температурою тіла.

Точку $1/8K$ успішно пройшли архайчні ссавці — аллотерії. З’явившись в інтервалі $1/2K-1/4K$ ($\Delta Cd = 0,6$ години) в пізньому тріасі ($213 \cdot 10^6$ років), вони проіснували до початку палеогена ($65 \cdot 10^6$ років), що точно відповідає їх резерву зтягування циркадіанного періоду на $\Delta Cd = 0,6$ години. Сумчасті з’являються в інтервалі $1/4K-1/8K$ ($\Delta Cd = 0,3$ години) у верхній крейді ($100 \cdot 10^6$) років та існують до середини

кайнозою ($40 \cdot 10^6$) років з резервом зтягування ритму на $\Delta Cd = 0,3$ години. Прадавні кити, прадавні хижаки, прадавні коні з’являються на інтервалі $1/8K-1/16K$ ($\Delta Cd = 0,15$ години) наприкінці палеогена — на початку еоцену ($65-55 \cdot 10^6$ років) та існують до початку неогена ($25-20 \cdot 10^6$ років) з середнім резервом зтягування ритму на $\Delta Cd = 0,15$ години (на малюнку 1 не зображені). Але, на відміну від динозаврів, які зникли біля точки $1/8K$, у ссавців не спостерігається раптового масового вимирання. Зникає один різновид певного типу, але відразу ж з’являється його інший різновид з новим резервом підладжування фази, з більшою диференціальною здатністю до зтягування циркадіанного ритму, ніж у попередників. Як видно, еволюція відбирала і пропускала вперед тільки такі типи живих систем, котрі виявилися здатними до зтягування ритму в нових інтервалах існування. Все, що залишилось у фауни і флори на початку палеогена, вже було здатне трансформувати себе в нові форми лише тому, що здалося можливість синхронізувати фази власних циркадіанних ритмів з подовженням чергування світла і темряви з все більшою точністю. Звіряючи свій хід з чергуванням світла і темряви, глобальний біологічний годинник на рівні еукаріотів створив механізм зтягування циркадіанного періоду як необхідну умову адаптації до уповільнення обертання Землі. Цей механізм став вимірювати власний білядобовий час кожної окремої живої системи.

Вимір власного часу знадобився для того, щоб клітини організму періодично і з високою точністю переходили з одного крайнього фізіологічного стану з переважанням анаболічних процесів в інший, з переважанням катаболічних процесів [4]. “Якщо ці крайні стани не досягнуті, — пише Бюннінг, — то деякі фізіологічні функції того чи іншого ступеня порушуються, що призводить до появи несподіваних хворобливих симптомів та загибелі організму [4, 15]. Необхідно підкреслити, що Дарвін, аналізуючи дослідження Пфєффера щодо вив-

чення добовоперіодичних рухів листя рослин, розумів, “що періодичність є певною мірою внутрішньою властивістю” [26, 407]. “Однак Дарвіну, — як пише Бюннінг, — ніколи не спало на думку, що ендогенний білядобовий ритм може слугувати фактором природного добору” [4, 13]. За даними сучасних дослідників значення основних періодичних процесів в межах білядобового періоду як фактора добору тепер не підлягає сумніву [3]. Прослідковуючи інтервали існування тих чи інших типів еукаріотів в посткембрії (малюнок 1), ми показали, як і коли в ході глобального біологічного годинника життя саме механізм затягування циркадіанного періоду виконував роль головного фактору добору.

На закінчення необхідно відзначити таке. Якщо час — ключ до розуміння природи [16], то ми будемо недалеко від істини, якщо скажемо, що ключ до розуміння еволюції слід шукати в часі життя, який заданий законом ходу глобального біологічного годинника. Виходячи з наведених вище даних, цей годинник фундаментально і точно промаркував ери і періоди на стрілі часу життя, використовуючи власну одиницю часу К. Спираючись на закон ходу глобального біологічного годинника і використовуючи масштаб К, не важко впорядкувати еволюцію у відповідну послідовність, що дозволить створити найбільш точну палентологічну шкалу, яка реально відобразить історію розвитку життя на Землі.

Література:

1. Ашофф Ю. Свободнотекущие ритмы // Биологические ритмы. — М.: Мир, 1984. — Т. 1. — С. 15-20.

2. Бергсон А. Длительность и одновременность. Пг. 1923.

3. Биологические часы / Под ред. С. Э. Шнолля. — М.: Мир, 1964.

4. Бюннинг Э. Биологические часы / Под ред. С. Э. Шнолля. — М.: Мир, 1964. — С. 11-24.

5. Вернадский В. И. Биогеохимические очерки. М., 1940.

6. Вернадский В. И. Раздумья натуралиста. М., 1975.

7. Войтенко В. А. Время и часы как проблема теоретической биологии // Вопросы философии, 1985. — N 1. — С. 73-82.

8. Вудроу Г. Восприятие времени // Экспериментальная психология / Под ред. С. С. Стивенса. М.: Иностранная лит-ра, 1963. — Т. 2. — С. 859-874.

9. Друшиц В. В., Обручева О. П. Палеонтология. — Изд-во МГУ, 1962.

10. Доброхотова Т. А., Брагина Т. А. Принцип симметрии-асимметрии в изучении сознания человека // Вопросы философии, 1986. — N 7. — С. 13-27.

11. Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной. — М.: Мир, 1979.

12. Джемс У. Психология. — СПб., 1902.

13. Камшилов М. М. Эволюция биосферы. Изд-во “Наука”. — М., 1974.

14. Мороз С. А. История биосферы Земли. Книга I. — К., 1996.

15. Мороз С. А. История биосферы Земли. Книга II. — К., 1996.

16. Пригожин И. Переоткрытие времени // Вопросы философии, 1989. — N 8. — С. 3-19.

17. Рауп Д., Стэнли С. Основы палеонтологии. — М.: Мир, 1974.

18. Сифр М. В безднах земли. — М.: Прогресс, 1982.

19. Уинфри А. Время по биологическим часам. — М.: Изд-во Мир., 1990.

20. Фон Нейман И. Математические основы квантовой механики. — М.: Наука, 1964.

21. Фресс П. Приспособление человека к времени // Вопросы психологии, 1961. — N 1. — С. 43-57.

22. Цуканов Б. И. Время в психике человека // Природа, 1989. — N 4. — С. 82-90.

23. Чернин А. Д. Физика времени. — М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.

24. Эддингтон А. С. Теория относительности. — М.-Л.: ОНТИ, 1934.

25. Элькин Д. Г. Восприятие времени. — М.: АПН РСФСР, 1962.

26. Darwin Ch. F. The Power of Movement in Plants. 1880. — P. 407-408.