

## ЕВОЛЮЦІЙНІ АСПЕКТИ БІОГЕНЕЗУ ПЕРВИННИХ БІОСИСТЕМ

Шевченко Д.О. здобувач вищої освіти ОП «Ветеринарна медицина»

Науковий керівник – Бирка О.В., к. вет. н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Історію походження та розвитку життя на Землі умовно поділяють на абіогенний (передбіологічний або хімічний), біогенний (біологічний) етапи і антропогенез, які охоплюють виникнення життя, ранні стадії біологічної еволюції, подальший розвиток живих організмів [1, 3, 5]. Завданням є дослідження особливостей розвитку первинних біосистем; розуміння сутності феномену життя і специфіки науково-біологічного підходу до його аналізу; засвоєння принципів еволюції, коеволуції, детермінізму, системності, цілісності, організованості в біологічному знанні та їх ролі у підтриманні існування живих систем. Пріоритети в сучасній науці переміщуються в бік біологічних наук, успішне розв'язання проблем яких сприятиме забезпеченню продовольчого потенціалу планети, екології довкілля, здоров'я людини і тварин, джерел енергії на основі розробок біотехнології.

Концепції біогенезу, об'єднуючи *космоцентричні фізичні гіпотези походження життя*, базуються на таких положеннях:

- живе та неживе є двома станами матерії. Ні один із цих станів не може бути виведений з іншого. Такі теорії називають *фізичними*;

- основні властивості та ознаки життя: активне протистояння процесам руйнування (термодинамічні аспекти), підпорядкування біологічних систем, наявність стійких динамічних зв'язків між біологічними об'єктами (системні аспекти);

- життя виникає не на Землі, а у Всесвіті. Тоді біосфера Землі є проявом живої частини космосу в земних умовах. Такі теорії походження життя називають *космічними* [1, 3, 6].

Системність організації матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків у часі та просторі, зумовлює не стільки необхідність визначення окремих варіантів походження тієї чи іншої групи організмів, скільки встановлення основних принципів формування планетарної біосфери. Тільки в такому вигляді могло виникнути життя на Землі [2, 3, 5]. Альтернативні варіанти перебігу відповідних процесів знайшли своє відображення у відповідних наукових концепціях. До найбільш поширених з них належать:

1) *гіпотеза про існування первинного «світу РНК»*. За цією гіпотезою первинні організми склалися з простих молекул РНК, здатних до самовідтворення. З часом могли набувати спроможності до синтезу білків, що дозволило інтенсифікувати всі метаболічні процеси. Формування ліпід-білкової мембрани відокремило внутрішнє середовище організмів від умов оточуючого середовища. Виникла *клітина*. Наступним еволюційним етапом стала передача функції носія спадкової інформації від РНК до ДНК, що збільшило надійність її збереження;

2) *гіпотеза про еволюцію протеноїдних мікросфер С. Фокса і К. Дозе*. Автори довели, що складні органічні системи можуть утворюватися абіогенно в умовах інтенсивної вулканічної діяльності. При нагріванні водних розчинів амінокислот на матриці шматків лави утворювалися *протеноїдні мікросфери* діаметром близько 2 мкм. Вони відзначалися морфологічною і фізико-хімічною індивідуальністю, мали подвійну зовнішню оболонку та включення типу полінуклеотидів, металів тощо;

3) *гіпотеза про можливість виникнення життя на глинистих частинках* була вперше запропонована Дж. Берналом. Її сутність полягає у тому, що ефективний матричний синтез протобіонтів міг здійснюватися на частинках глини, які є концентраторами різних органічних речовин (амінокислоти, поліпептиди тощо) та катіонів (калій, магній, кальцій, залізо, марганець, молібден, цинк, кобальт та ін.), що сприяє утворенню органомінеральних комплексів із значними каталітичними активностями;

4) *гіпотеза про виникнення життя на алюмоферосилікатній (риголітній) глобулі* діаметром 1-10 мкм із ліпідною мембраною – армованою ліпосоною. У водному середовищі вона здатна до адсорбції біологічно активних макромолекул з утворенням повністю *автотрофної протоклітини*;

5) *гіпотеза про виникнення життя як метаболічного процесу на поверхні піриту (FeS<sub>2</sub>)*. Цей мінерал значно поширений у природі, біля гідротермальних джерел. Перші живі клітини могли становити собою *піритове зерно* з подвійною мембраною із органічних речовин;

6) *тіоефірна гіпотеза* Де Дюва надає великого значення таким сірчистим сполукам як тіоефіри, які могли використовуватися як джерело енергії і одночасно слугувати пусковим механізмом деяких хімічних реакцій;

7) *гіпотеза щодо виникнення життя не на поверхні Землі, а в глибинах океану поблизу гарячих джерел*. За таких умов для утворення нових системних зв'язків уже не може використовуватися сонячна енергія. Формоутворення і підтримка стаціонарного стану складних хімічних систем забезпечуються за рахунок розпаду сірчистих сполук, які виділяються гідротермальними джерелами. З такими ділянками пов'язане існування своєрідної групи *екстремальних термофілів*, до яких належать архебактерії;

8) *гіпотеза А.І. Опаріна і Дж. Холдейна* розкриває принципи організації живого відповідно загальним закономірностям самоорганізації будь-яких відкритих систем, які передбачають формування і подальшу еволюцію фазововідокремлених систем хімічного типу – коацерватів (протобіонтів) – *краплин*, що виникають у розчині високомолекулярної сполуки, збагачені розчиною речовиною. Об'єднання окремих молекул у молекулярні «згустки» та наступне їхнє накопичення у коацерватних краплинах призвело до появи *первинних передбіологічних систем* у водах тогочасного океану, що у віддалені геологічні епохи вкривав поверхню Землі. Одним із основних критеріїв добору могла бути *витривалість первинних протоклітин в умовах жорсткого ультрафіолетового опромінення*, тому велике значення мала збалансованість внутрішньомолекулярних та міжмолекулярних переносів енергії. Оптимізація цих процесів, наприклад, формування складної плівки із фосфоліпідів, здатної до фотокаталізу за рахунок використання енергії ультрафіолету, відіграла суттєву роль у прискоренні хімічної еволюції. Краплини повинні були мати сферичну форму, оскільки вона є термодинамічно вигіднішою порівняно з іншими варіантами розташування молекул [3, 4, 5, 6]. Вже на рівні коацерватів виникають такі властивості живого як: вибіркоче поглинання речовин і виділення продуктів реакції (обмін речовин), збільшення об'єму (ріст), здатність розпадатися із збереженням структури (поділ, розмноження), різна стійкість різних коацерватів (добір), адекватна реакція на зміни довкілля (подразливість), здатність змінюватися відповідно до конкретних умов середовища (приспосованість). Саме весь комплекс разом, а не його окремі ознаки, становить собою суттєву відмінність живого [1, 2, 4]. Ймовірно його розвиток у просторі та часі мав відбуватися за такою схемою:

*Перший етап:* виникнення системного середовища у вигляді конкретних і різноманітних фізико-хімічних характеристик первинної Землі. Відповідно до них і внаслідок циклічних незворотних процесів виникали численні дисбаланси, порушення рівноваги та розподіли фаз, які супроводжувались утворенням локальної асиметрії. За таких умов система або руйнується, або долає суттєві відхилення від стаціонарності за рахунок подальшого збереження нерівноважності, формування нових комбінацій структурних елементів. Упорядкування потоків енергії речовини та інформації, сприяло виникненню океанів та зародків майбутніх материків. Свого часу із неорганічних речовин утворилися найпростіші *органічні молекули*, значна кількість яких могла мати космічне походження. В умовах Землі для реалізації відповідних процесів використовувалась енергія грозових розрядів, іонізуючого випромінювання, ударних хвиль від блискавок та метеоритів, вулканічної діяльності, гідротермалей тощо. Зовнішні джерела енергії спричиняли циклічні переноси речовини, що певним чином упорядковувало динамічні структури. Системи, які не були

здатними використовувати надлишок енергії, що надходила до них, руйнувалися. Натомість молекулярні комплекси, що використовували її для формування нових системних зв'язків, переходили на якісно інший ієрархічний рівень, започатковуючи черговий виток розвитку. В цьому полягає енергетична закономірність виникнення життя на Землі, яке за певних умов просто не могло не виникнути. У системах із циклічними процесами здійснюється добір найбільш рухомого та енергоємного носія, яким виявилася звичайна вода. Особливості її будови та переваги фазового стану внесли свій вклад у прискорення розвитку органічних макромолекул. Вони накопичувалися в багатьох контактних зонах водночас: у поверхневій плівці океану, в завсях, у вологих глинах, біля вулканів і глибоководних гідротермальних джерел, у районах океанічного та морського прибою. Саме тут склалися найбільш сприятливі умови для перебігу різноманітних хімічних реакцій [1, 2, 3, 5, 6].

*Другий етап* пов'язаний з утворенням на основі білків, жирів і вуглеводів складних відкритих хімічних систем типу *коацерватів і протеноїдних мікросфер* вже з деякими властивостями живого. Для відокремлення внутрішнього вмісту від зовнішнього середовища ідеально підійшли молекули ліпідів, які самі по собі «вишиковуються» шарами, утворюючи найпростіші мембрани. Збереження стаціонарного стану такого молекулярного конгломерату досягалося завдяки внутрішньосистемній узгодженості потоків речовини, енергії та інформації: виникає примітивний метаболізм. Коацервати вже не тільки накопичували й затримували в собі енергію, а й спрямовували її в найбільш доцільному для самоорганізації напрямку. Стався якісний стрибок від звичайної хімічної еволюції до життя [1, 2, 3, 4, 5].

*Третій етап* відзначався тим, що внаслідок об'єднання коацерватів із нуклеїновими кислотами (інформаційне забезпечення можливості збереження умов гомеостазу в поколіннях) виникли *протобіонти* – перші живі організми, здатні до інформаційно контрольованого самовідтворення. Це найпростіший варіант збереження вже винайденої оптимальної організації у часі [2, 3, 4, 5].

*Четвертий етап.* Автокаталітичний біохімічний гіперцикл живих систем у межах Землі спричиняв можливість подальшої якісної трансформації найрізноманітніших організмів, яка мала системний, планетарний характер [1, 3, 4, 5, 6].

Отже, еволюція біооб'єктів йшла шляхом створення й вдосконалення багатофазних структур організму, що дозволило ефективно використовувати екзогенні впливи навколишнього середовища. Прийнятий нині сценарій виникнення життя ґрунтується на хімічній еволюції біологічно важливих молекул – блоків перших біологічних систем, простих інформаційних систем, здатних до матричного повторення й каталізу та до утворення перших доклітинних систем, подібних до ліпосом, і здатних використовувати енергію світла, ділитися та передавати генетичну інформацію. Для подальшого дослідження теоретичних та експериментальних напрямів еволюції біогенезу, необхідна розробка параметрів первинної клітини, як елементарної біологічної системи з набором її функцій, хімічним і фізичним складом, розмірами, тривалістю існування, відповідним стану навколишнього середовища.

### **Бібліографічний список:**

1. Bohutska, K.I. (2020). *Klitynna biofizyka: strukturna orhanizatsiia ta biofizychni vlastyvosti membran* [Cellular biophysics: structural organization and biophysical properties of membranes]. Kyiv. 50 s. (in Ukr.).
2. Bohutska, K.I., Ohloblia, O.V. (2019). *Fazovi perekhody: teoretychni aspekty ta pryklady dlia biolohichnykh system* [Phase transitions: theoretical aspects and examples for biological systems]. Kyiv : Vydavnytstvo «Kapri». 80 s. (in Ukr.).
3. Korzh, O.P. (2006). *Osnovy evoliutsii* [The basics of evolution]. Sumy : VTD «Universytetska knyha». 381 s. (in Ukr.).
4. Luckey, M. (2014). *Membrane structural biology: with biochemical and biophysical foundations*. Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom. 423 p.

5. Ohinova, I.O., Pakhomov, O.Ie. (2011). *Teoriia evoliutsii (systemnyi rozvytok zhyttia na Zemli)* [Theory of evolution (systematic development of life on Earth)]. Dnipro : Vydavnytstvo Dnipropetrovskoho universytetu. 540 s. (in Ukr.).
6. Vidmachenko, A., Stieklov, O., Kolotilov Yu, M. (2010). Astronomichni aspekty teorii pokhodzhennia zhyttia. *Svitohliad*, 1, 48-55. (in Ukr.).