

РАЗВИТИЕ НА ХИПОТЕЗИТЕ ЗА БИОХИМИЧНИЯ ПРОИЗХОД НА ЖИВОТА

Доц. д.п.н Здравка Костова

*Департамент за информация и усъвършенстване на учители
СУ „Св. Климент Охридски“*

Резюме. Анализират се основните положения и критики на водещи хипотези за биохимичния произход на живота в резултат на новите постижения в природните науки и технологии. Съпоставят се базисните им характеристики по отношение на предполагаемите геохимични условия и защитаваните тези за последователността на биохимичните процеси. Дава се описание на последния общ универсален родоначалник на всички живи организми – ЛУКА.

Ключови думи: хипотези; главни етапи и доказателства; абиогенен синтез; еволюция; геномика; ЛУКА

Няколко са широко разпространените хипотези за произхода на живота: креационизъм (библията), спонтанно зараждане (Аристотел), панспермия (Сванте Арениус), стационарно състояние (Тиери Прайер) и биохимична еволюция (Green et al. 2005). Те не са единствените, но никоя от тях не е окончателна, защото все още не е разработен експеримент, в който спонтанно да се създаде самовъзпроизвеждаща се клетка от абиотични елементи. В еволюционната биология по произхода на живота има търсене и обяснение, но няма окончателни и категорични отговори, защото и най-малката жива система е изключително сложна, високо организирана и развиваща се по предварително зададена програма. Взаимодействието на учени от природните науки и технологии и преди всичко успехите на органичния синтез, генетиката и геномиката придвижват познанието все по-близо до истината (Vecerka et al. 2007). Научните изследвания днес търсят експериментални доказателства на последователните непрекъснато и взаимно усложняващи се процеси в еволюцията от геохимия до биология, които вероятно са довели до появата на първата жива клетка. Хипотезите за биохимичния произход на живота имат свои прилики и различия в резултат на различните подходи на изследователите, които непрекъснато търсят и спорят (табл. 1)

Таблица 1. Критерии за търсене на прилики и различия в хипотезите

I. Геологични условия за възникване	II. Последователност на химичните реакции
A. Плитки топли езера; геотермални извори; кални вулкани: 1, 2, 3,	Г. Изходни вещества: CO_2 , NH_3 , H_2 , CH_4 , H_2O , N_2 , кондензирани цианиди и други.
Б. Дълбоки океански алкални хидротермални отвори (АХТО): 2, 4, 5, 6	Д. Първичност на възникване на гените: $\text{пре-РНК} \rightarrow \text{РНК} \rightarrow \text{РНП} \rightarrow \text{ДНК}$: 2, 5, 6
В. Температура, енергия (механична, УВ, електрохимична), рН, катализатори.	Е. Първичност на възникване на метаболитните пътища: 1, 3, 4.

1. *Хипотезата на Опарин-Холдейн* за произхода на живота (1924 – 1929 г.) или хетеротрофна хипотеза (първите клетки са получавали хранителни вещества от първичния бульон), се основава на еволюционната теория на Ч. Дарвин, на успехите в органичния синтез и технологиите и има най-дълъг живот (табл. 1, А, Е). Нейните етапи са: 1. Абиогенен синтез на аминокиселини; 2. Синтез на полипептиди; 3. Синтез на белтъци; 4. Образуване на надмолекулни комплекси и на ензими (каталитични белтъци); 5. Образуване на каталитично активни коацервати; 6) Асимилация, растеж, размножаване; 7. Клетки (Spirin, 2001). Според нея, животът се е зародил на повърхността на Земята в първичния бульон с използване на енергията на УВ лъчи, светкавици и изригване на магма. Редуциращата атмосфера (бедна на кислород, в която молекулите отдават електрони) е движещ фактор на предбиотичния синтез и на натрупването на органични съединения; хетеротрофният анаеробен метаболизъм е възникнал преди гените; асоциирането на молекулите в предклетъчни системи (коацервати) е създало необходимата предпоставка за тяхното развитие (Luzcano 2010). Изследването на атмосферата на големите планети и опитите на Стенли Милър и Харолд Юри (1953) представят научни доказателства. В създадената от тях експериментална постановка с циркулираща смес от метан, амоняк, водни пари и водород като изходни вещества и преминаваща през нея електрическа искра са получени органични аминокиселини и хидроксикиселини. В този план са експериментите на С. Фокс, установил образуването на пептиди, и на А. Бутлеров, осъществил полимеризация на формалин до захар чрез абиогенен синтез. Полученото разнообразие от органични съединения с експерименти в симулирана предбиотична среда потвърждава възможността за абиогенен органичен синтез в началото на химичната еволюция. В тази насока са и откритите в метеорити богати на въглерод съединения. Независимо от това хипотезата не може да обясни как се копират нуклеиновите киселини, как възниква генетичният код и как коацерватите се размножават и еволюират.

2. *Хипотезата „РНК свят“* (Gilbert 1989) възниква в резултат на откриването на структурата и свойствата на ДНК от Дж. Уотсън и Ф. Крик (1953) и на каталитичните РНК (рибозимите) от С. Олтмън и Т. Чек (1989). Тези открития правят революционен пробив в науката с нови хоризонти за търсеща дейност, равностоен на приноса на Ч. Дарвин с еволюционната теория. Още през шестдесетте години на XX век Ал. Рич (Rich, 1962), Л. Оргъл и К. Уоуз (цитирано по Дж. Шостак 2016) насочват вниманието на учените към ролята на РНК в произхода на живота.

Според тази хипотеза най-напред се появява саморепликираща се молекула РНК. Отделните етапите включват: 1. абиогенен синтез на нуклеотиди; 2. синтез на олигорибонуклеотиди; 3. синтез на полирибонуклеотиди; 4. синтез на *рибозими*; 5. саморепликация на РНК; 6. синтез на белтъци; 7. образуване на коацервати (протобионти) и след това на клетки (Spirin 2001). Древният свят на РНК се определя като самодостатъчен биологичен свят, в смисъл че РНК функционира и като генетичен материал, и като ензим. Гените са се появили преди автотрофния анаеробен метаболизъм (табл. 1, А, Б, Д). РНК е можела да работи без белтъци, съхранявала е информацията и е катализирала собствената си синтеза. С времето нейната информационна роля е поета от по-стабилната молекула на ДНК, а каталитичната функция на репликацията е извършвана от разнообразни ензими с белтъчна природа. Затова Дж. Шостак я поставя между ДНК и белтъците. По този повод Б. Хатън определя появата на информационни молекули, които имат способността да се възпроизвеждат и да еволюират чрез естествен отбор, като начало на живота (Hatton 2007). Критиката към тази хипотеза се отнася до: необходимостта от химична енергия за РНК репликацията, но метаболизмът, който я осигурява, все още не е създаден; за рибозимите са нужни предшественици като олигонуклеотиди; новите копия на РНК са с висок процент на грешки, което ги прави много нестабилни. Няма доказателства, че *рибозимите* са плавали в първичния океан и са действали като готови гени. Не е изяснен и преходът от *рибозимни* към белтъчни реакции и възникването на генетичния код (Yastrebov 2018). Затова напоследък се приема, че преди РНК свят е съществувал „пре-РНК свят“ от по-проста РНК предшественик. С откриването на участието на малките ядрени нуклеопротеини (SnRNPs) в зреенето на иРНК и на обратната транскрипция на информацията от РНК на ДНК в съвременните клетки, се приема, че РНК изпълнява различни роли в клетката и вероятно тя е синтезирала първите белтъци (Neveu et al. 2013). В съзвучие с тези мисли колективът на Ф. Соуса смята появата на клетката, генетичния код и енергийната система, която ги подхранва, за трите най-значими за живота еволюционни нововъведения, станали между саморепликацията на молекулите и примитивните организми (Sousa et al. 2013). Това е причината РНК да бъде поставена на пътя между геохимията и биохимията.

Засега няма общоприето становище за последователността на химичните реакции при произхода на живота (табл. 1, Д, Е). Едни автори поставят гените на първо място, а други – метаболитните процеси. Дали първите образувани липидни везикули най-напред са заградили самовъзпроизвеждащ се рибозим или компоненти от метаболитен път, все още остава хипотеза. Опит за помиряване на двете схващания предлага алтернативната хипотеза за едновременното спрегнато възникване на метаболизма и генетичния контрол (Francis 2015).

Авторите, които смятат, че животът е възникнал в плитки топли езера, респективно геотермални извори, се позовават на смяната на умерена температура, при която РНК се реплицира с висока температура, която е необходима за разделянето на образуваните нуклеотидни вериги. Джон Садърленд и Джак Шостак (2016) приемат за възможно съществуването на период на концентрирани цианиди в пребиотичните езера като стартиращ момент за синтез на нуклеотиди и привеждат доказателства от лабораторно извършени химични реакции. Критиците на това схващане се позовават на отровното въздействие на цианидите върху живата клетка, и по-специално върху дишането и синтезирането на АТФ (Yastrebov 2018).

3. *Хипотезата „Цинков свят“* е предложена от А. Мулкиджанян и М. Галперин (2009), които считат, че животът на Земята е възникнал върху повърхности, покрити с ZnS (табл. 1, А, Е). В първичната, богата на CO₂ атмосфера, под действие на високо налягане ZnS се е утаявал по повърхността на първите континенти и е образувал цинково-серни пластове. С помощта на слънчевата радиация ZnS в тези повърхнини е редуцирал CO₂ до създаване на биополимери. ZnS и H₂S са изпълнявали ролята на катализатори. Азотът е реагирал с цинковия сулфид в присъствие на вода, при което се е синтезирал амоняк и се е отделяла енергия. В реакцията на CO₂ със сероводорода се изграждали прости органични съединения. Сярно-цинковата повърхност е изпълнявала ролята на матрица за синтез на по-дълги биополимери от по-малки и е предпазвала биополимерите от фотодисоциация, поглъщайки излишната радиация. УВ лъчите са спомагали за *химичен отбор* на фотоустойчиви РНК подобни полимери.

4. *Хипотезата „Железен свят“* е разработена от Гюнтер Вахтерхаузер (Wachterhauser 1992), който счита, че ранни форми на метаболизъм са предшестващи РНК свят (табл. 1, Б, Е). Най-ранната форма на живот е *пионерен организъм*, който се е появил във вулканичен хидротермален поток при високо налягане и висока температура (100°C). Пионерният организъм е изграден от минерална основа с каталитични центрове от преходни метали (желязо, никел, кобалт, манган, волфрам и цинк), които фиксират CO₂ с образуване на прости органични съединения от неорганични газове (CO, CO₂, HCN, H₂S). Енергия за процесите идва от окисляването на железни минерали

в присъствие на H_2S . Образуваните органични съединения се задържат върху минералната основа и създават зависим от сяра „повърхностен (пиритен) метаболизъм“. Последица от този метаболизъм е синтезът на примитивни липиди, които изграждат липидна мембрана, свързана с минералната основа. Формира се полуклетка – от едната страна свързана с минералната основа, а от другата – с мембраната, която впоследствие нараства, обхваща съдържимото и го превръща в самостоятелна структура. *Химичната еволюция*, която се характеризира с образуване на нови структури с нови свойства и функции, преминава през *биохимична* (биокатализатори, метаболитни продукти, съединения с макроергични връзки) в *биологична еволюция* (генетичен контрол, мутации и естествен отбор). Синтезираните по абиогенен път амфипатични молекули (с хидрофобен и хидрофилен край) са се само-организирали във везикули (мехурчета, коацервати, липозоми), които са заграждали РНК и са съдействали за нейната еволюция (Mansy et al., 2008). Те са дали началото на прото-клетки, в които РНК е била заместена от ДНК и е поела функцията на наследствена молекула. В тях се е извършвал обмен на генетичен материал, естествен отбор и ранна биологична еволюция (Hatten, 2007).

5. *Хидротермалната хипотеза* е издигната от У. Мартин и колектив (Martin & Russell 2006). Нейните приноси са в изследване на нови (редокс) условия за произхода на живота, изясняване ролята на компартментализацията в химичната еволюция, обосноваване значението на диапазоните от температурни и рН граници, описание на възможните изходни молекули и уточняване на времето и мястото в историята на Земята за протеклите събития (табл. 1, Б, Д). Тази хипотеза се основава на теорията за хемиосмотичния синтез на АТФ на Питър Мичъл (удостоена с Нобелова награда 1961 г.) и на откритията в геологията на океанското дъно (1977 г.). Редица учени поставят откритието на П. Мичъл в биохимията редом по значимост с откритията на Алберт Айнщайн, Вернер Хайзенберг и Александър Шрьодингер във физиката. Използването на протонен градиент е универсален механизъм за генериране на енергия и интегрална част от живота, подобно на генетичния код.

Откриването на алкалните хидротермални отвори (АХТО) на дъното на океаните представлява интерес за учени от различни области. Това са места с активна вулканична дейност и висока температура 150 – 324°C, при която е необходима специална апаратура за събиране на проби за изследване, изработена от титан, защото оловото се стопява. АХТО се образуват от смесването на фини частици на химични вещества (сулфиди) в геотермално загрятата до 400°C изригваща течност със студената морска вода. Сулфидите оцветяват в черно излизацията от земните недра фонтан, наподобяващ пушек, след което се утаяват. При изстиването веществата се втвърдяват и образуват структури, наподобяващи комин. Черните отвори („черни пушачи“) се образуват от жлезни сулфиди, а белите отвори – от барий, калций и силиций. Около отворите

са създадени условия за невероятни форми на живот, поради което са наречени биоотвори. Това предположение се оспорва – не черни пушачи, а кални вулкани са съдържали необходимите условия за възникване на живот (Соорет 2017; Brazil 2017).

АХТО създават възможност за компартментализация на химичните процеси. Стените на тези компартменти съчетават две важни свойства за химическа еволюция: осигуряват прегради и катализират химичните реакции. В геохимично оформените компартменти *се концентрират изходните молекули* за органичния синтез. Техните тънки минерални стени са изпълнявали ролята на мембрани за движение на йони, при което се създава електрохимичен градиент. При преминаването на водород (респективно електрони) от система с по-нисък редокс-потенциал към система с по-висок редокс-потенциал се отделя свободна енергия (процесът е екзергоничен) (Kosekova et al. 2004). Химичните реакции при температури около 50 – 100°C в анаеробни условия са били термодинамично възможни. Освободената енергия с участието на каталитични йони е използвана за редуцирането на CO_2 с водород и за синтез отначало на прости органични молекули, след това на самовъзпроизвеждащи се молекули и накрая – на клетки със собствени мембрани. Средата в АХТО е изобилствала на CO_2 и на водород, образуван при серпентинизацията – химична реакция, която превръща безводните феромагнезиеви силикатни минерали в серпентини. В подводните земни недра се образуват пукнатини на дълбочина приблизително 3 km, където температурата достига до 150 – 200°C. Морската вода циркулира и когато преминава през тях, претърпява редокс-реакция с Fe^{2+} до H_2 .

В ранната Земя са били налице необходимите предпоставки за геохимична и биохимична еволюция: 1. Анаеробна атмосфера и наличие на газове (H_2 , CO_2 , N_2 , H_2S , SO_2). 2. Донори на електрони (H_2 , SO_2 , H_2S , Fe^{2+} , сулфиди, образувани при разтваряне на вулканичен серен диоксид във вода). 3. Акцептори на електрони: тривалентно желязо Fe (III) , FeS , сяра, CO , CO_2 , NO/NO_2 . 4. Висока температура и налягане. 5. Естествени микрокомпартменти. 6. Неравновесни условия и редокс-градиенти. 7. Концентрация на вещества за извършване на автокатализа и саморегулация. Тази обстановка е характерна за Хадейския океан – океан през геологичната ера хадея, започнала преди 4,6 милиарда години, която предхожда архайската ера. Химическото неравновесие в АХТО е било много по-голямо от това днес, защото в атмосферата е имало хиляда пъти повече CO_2 и много по-високи концентрации на CO_2 в океана. При контакт на CO_2 с H_2 се създава неравновесие и потенциал за органичен синтез.

6. *Хипотезата за ЛУКА* (последният универсален общ родоначалник на всички живи организми на Земята) се основава на няколко общи ключови характеристики на клетките от бактериите до човека: 1) Универсалност на генетичния код, който кодира изграждането на полипептидните вериги в ри-

бозомите. 2) Генетична информация в РНК и ДНК. Такива са и молекулите реликви, структурно свързани с РНК – коферментите в клетъчния метаболизъм (АТФ, ГТФ, НАД, ФАД, АМФ), които представляват модифицирани РНК нуклеотиди. 4) Разграждане на увредени или грешно изградени белтъци в протеазомите на цитоплазмата и ядрото, за да може клетката да ги използва при синтез на нови белтъци (Becerta et al., 2007; Szostak, 2016)).

Освен методите на химията, физиката, геологията и биологията за разгадаване на химичната и биохимичната еволюция в симулирани условия на ранната Земя еволюционните биолози използват и откритията в структурата на геномите, компютърното моделиране и методите на молекулярната филогенетика. С помощта на филогенетична реконструкция се установяват еволюционните взаимовръзки между специфичните гени, споделяни от много видове организми, въз основа на секвенциите на нуклеотиди в ДНК и РНК. (Филогенетиката е наука за историческото развитие на организмите, която отразява родствения им взаимовръзки).

Успехите на геномиката (клон от молекулярната биология, изследващ структурата, функцията, еволюцията и картографирането на геномите) откриват ново поле за изследване на сложните взаимовръзки в огромното многообразие на организмовия свят. Чарлз Дарвин създава първото филогенетично дърво на живота и нарича еволюцията *descent with modification* (произход с модификация), с което изразява идеята за изменението на видовете с времето и възникването на нови видове, споделящи общ родоначалник. Родителите предават своите признаци на поколението с изменение, но се запазват някои общи признаци, които показват родството помежду им. През цялото развитие на организмовия свят има една нишка, която се запазва неизменна и свързва общия родоначалник с днешните организми. *Това е генетичната непрекъснатост на живота*. Смъртта е неизбежна, а животът е възможност и затова по-дълбокото навлизане в същността на живота води до по-успешни действия за неговото опазване. Тръгвайки по тази *генетична нишка*, еволюционните биолози се стремят да стигнат до ЛУКА – последния универсален общ родоначалник на всичко живо и на самите нас, който е оставил следи за своето съществуване в строматолити (вкамелости, образувани от натрупване на отложения от микроорганизми). Учените търсят началото, което в продължение на милиарди години се е модифицирало чрез мутации, естествен отбор, генетична дивергенция и адаптация, продължава днес и вероятно ще продължи и в бъдеще.

Изследването на геномите предлага нови прониквания в появата на живота, в историята на микробната генетика и във връзката между прокариоти и еукариоти. При изграждането на еволюционното дърво на живота предимство има вертикалният генен трансфер (ВГТ) (предаване на гени от поколение на поколение). При разкриването на процесите в зараждането на живота

на преден план излиза хоризонталният генен трансфер (ХГТ). И двата вида генен трансфер създават изменчивост, улесняват действието на естествения отбор и са се запазили и до днес. Те са в основата на биологичната еволюция. При хоризонталния генен трансфер ДНК се пренася между различни геноми – между различни биологични видове, например между прокариоти и еукариоти, както и между трите ДНК, съдържащи органели в еукариотите – ядро, митохондрии и хлоропласти (Cooper 2017). Големите еволюционни скокове са ставали, когато прокариоти и еукариоти смесват гени в ендосимбионтно събитие. Гените плуват между различните организми по различен начин чрез ХГТ, променят генотиповете и честотата на алелите, а те, от своя страна, се отразяват на скоростта на еволюционния процес.

Еволюционните процеси, свързани с гените в прокариотните геноми, както и тези, свързани с геномите на прокариоти и еукариоти, не са линейни. У. Мартин критикува три концепции за обяснението на ранната еволюция, които могат да се приемат с уговорки: 1) животът не е произлязъл от нещо като органична супа; 2) еволюцията на микробите няма нищо общо с дървото на живота; 3) преходът от прокариоти към еукариоти не се е извършил преди появата на митохондриите, а най-вероятно в началото на появата им. Изграждането на филогенетично дърво обаче отразява еволюцията и реда в природата дори и на микробиологично равнище и не може да се отхвърля.

Можем да опишем ЛУКА, ако имаме представа за химико-биологичните процеси на микробиологично равнище в ранната Земя. Взаимовръзките между микробните геноми приличат на мрежи, които разкриват потока на гени, осъществяван чрез ХГТ. Изучаването на ранния живот на нашата планета обогатява знанията за големите еволюционни събития: произход на живота, еволюция на прокариотите и преход от прокариоти към еукариоти. Тези три събития са взаимно свързани и последователни в появата и развитието си на Земята. ЛУКА е ключовото звено между три последователно възникнали еволюции – химична, биохимична и биологична, оформили неговия геном и метаболизъм.

Съвкупността от геномите на днес живеещите организми е уникална летопис на исторически събития, подредени във вътрешните структури на клетките. Първоначалните изследвания на геномите са съсредоточени върху търсенето на универсални гени, срещащи се във всички геноми и дошли единствено от ЛУКА. Открити са 30 гена, принадлежали на ЛУКА, които се намират във всички живи клетки днес почти без изменение и кодират трансляцията. Трайно запазени са рибозомните РНК гени. Те доказват единство на бактерии, археи и еукариоти, но не са достатъчни, за да дадат информация за условията и начина на живот на ЛУКА. Затова изследването се насочва към търсене на гени, които да се срещат най-малко в един член от всеки от двата прокариотни домейна, археи и бактерии. По този метод са идентифицирани

11 000 общи гена, които биха могли да присъстват в ЛУКА, но с толкова много гени той би имал много по-сложна дейност от която и да е съвременна клетка. У. Мартин и сътрудници обясняват наличието на толкова много общи гени между видовете и между отделните домейни с хоризонталния генетичен трансфер. Ген, възникнал в една група, преминава и в друга, съседна на нея, и се рекомбинира в нейната ДНК верига, което означава, че тези 11 000 гена не са дошли само от ЛУКА. За минимизиране на тази вероятност се търсят само тези гени, които се срещат в не по-малко от две групи бактерии и в не по-малко от две групи археи. Изследвани са всички клъстери и генетични дървета на 6,1 милиона белтък кодиращи гена чрез секвениране на прокариотни геноми. Сравнени са 284 514 белтъчни клъстера, сред които са идентифицирани 355 генни фамилии, проследени до ЛУКА с помощта на филогенетични критерии. Въз основа на свойствата, функциите и простетичните групи на синтезираните белтъци може да се изгради представа за биохимията и физиологията на ЛУКА. Те са кодирани от древни гени с много дълга родствена връзка, които не са обменяни чрез ХГТ и са били в ЛУКА (Sousa et al. 2013).

Някои учени считат, че такъв малък набор от гени не дава възможност за биологични функции според днешните разбирания. Затова се предполага, че ЛУКА е приемал молекули от средата, за да попълни липсващите гени. И днес плазмидите скачат навсякъде, без да се интересуват от систематичните категории. Фагите влизат в прокариоти и внасят свои гени. Явленията трансформация, трансдукция и конюгация, характерни за днешните микроорганизми, по всяка вероятност водят началото си от времето на ЛУКА чрез ХГТ. Биологичният синтез по това време е бил примитивен и е включвал химичен синтез от неорганичните вещества в тогавашната среда. Миграцията на гени, продължила милиарди години, която е изменяла първоначалния генетичен сигнал на ЛУКА, се случва и днес.

Отговор на този въпрос дават изследванията във вирусологията.

Според последните изследвания (Martin & Russell 2006; Sousa et al. 2013; Brazil 2017) ЛУКА е живял в алкалните хидротермални отвори, използвал е молекулен водород като източник на енергия, отделян при серпентинизация, притежавал е обратна гираза, характерна за днешните термофилни микроорганизми, живеещи при температури над 80°C. Обратната гираза е ензим, вид топоизомераза, който отговаря за суперспирализацията и стабилизирането на кръговата ДНК. Той участва в репликацията, рекомбинацията и транскрипцията на ДНК. ЛУКА е бил прикрепен, анаеробен, хемоавтотрофен, термофилен прокариот, живял под вода в отсъствие на кислород. Имал е ДНК, рибозоми, живял е след РНК свят. В ЛУКА са заложени основните метаболитни пътища, добре изучени при бактерии и археи и запазени досега в много живи организми.

ЛУКА е фиксирал CO_2 и е синтезирал ацетил-КоА по най-древния метаболитен път, сходен с този при съвременните ацетогени и метаногени.

Той е свързващото звено между геологичните условия и биохимичните процеси за началото на живота. ЛУКА не е отделен индивид, а популация от клетки, съществували след появата на генетичния код и подложени на естествен отбор. (Отборът се извършва на популационно равнище). Генетичното наследство на всички днес живеещи организми произхожда от хоризонтален (латерален) и вертикален генетичен трансфер между древно съобщество от организми. Еволюцията е продължила около *един милиард години* като химична и биохимична еволюция до ЛУКА, около *2 милиарда години* като биологична след него до появата на ЛЕКА – последния еукариотен общ праядо на днешните протисти, гъби, растения и животни. ЛЕКА е възникнал преди 1,5 милиарда години. ЛУКА поставя началото на домейна Прокариоти – Бактерия и Археа. ЛЕКА поставя началото на втория домейн – Еукариота, който възниква по-късно като отклонение от Прокариота чрез генетична дивергенция.

Общата картина на хипотезите за биохимичната еволюция на живота насочва към задълбочено изучаване на: 1) етапите на химичната еволюция, довели до полимеризация на макромолекули и надмолекулни комплекси; 2) изграждането на клетъчните органели и усложняване на техните функции; 3) еволюцията на прокариотите и появата на две царства – Бактерии и Археи към домейн Прокариота; 4) възникването и еволюцията на еукариотната клетка и обособяването на втори домейн – Еукариота. Тези въпроси са предмет на други изследвания.

Изводи

Всяко ново откритие в науката разкрива нови перспективи и ражда нови идеи за изследване на произхода на живота. Идеите се автокатализират. Например, хипотезата за панспермията (извънземен живот) не дава отговор на въпроса как е възникнал животът изобщо, но не може да се отрече, че животът е космическо явление (с метеоритите са пренасяни органични вещества на Земята, лъчистата енергия за живота днес идва от Космоса).

Непрекъснатото изучаване на съвременните организми и особено на субклетъчно и клетъчно равнище, дава нови доказателства за биохимичния произход на живота. Във всяка хипотеза има предимства и недостатъци. В основата си животът включва поредица от химични реакции и енергетични процеси, но не се свежда само до химия и физика. Биологията е автономна наука и откритията в нея доказват изключителната сложност на биологичните явления през призмата на най-обобщаващите биологични теории – теорията за еволюцията и теорията за биологичната организация. Без знанията за естествения отбор, популационната биология и екологията е невъзможно да се обясни появата на живота.

В науката се конфронтират скептицизъм и мегаломания. Всеки млад учен се стреми да формулира своя хипотеза, но прекалено многото хипотези подкопават доверието в науката.

Информационните технологии дават възможност за обмяна на информация, но и за некомпетентна намеса в изясняване на научните открития, често за създаване на сензация. Дезинформацията е по-опасна от липсата на информация. Прибързаното утвърждаване или отричане на една хипотеза за сметка на друга е непродуктивно. Времето и научните изследвания ще дадат своята обективна оценка.

ЛИТЕРАТУРА

- Косекова, Г., Митев, В., Алексеев, А. & Николов, Т., 2004. *Лекции по биохимия*. София: Медицински университет.
- Спирин, А. С., 2001. Биосинтез белков, мир РНК и происхождение жизни. *Вестник Российской Академии Наук*, **71**(4), 320 – 328.
- Ястребов, С., 2018. Источником энергии для древнейшей жизни мог служить ацетилфосфат. Элементы, *Новости науки, Биохимия*.

REFERENCES

- Becerta, A., Delaye, L., Islas A. & Lazcano, A., 2007. Very early stages of biological evolution, related to the nature of the last common ancestor of the three domains. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **38**, 361 – 379 [Google Scholar].
- Brazil, R., 2017. *Hydrothermal vents and the origins of life*. NOAA Office of Ocean Exploration and Research.
- Cooper, K., 2017. Looking for LUCA, the last universal common ancestor. *Astrobiology at NASA. Life in the Universe*, 30th of March
- Francis, B. R., 2015. The hypothesis that the genetic code originated in coupled synthesis of proteins and evolutionary predecessors of nucleic acids in primitive cells. *Life (Basel)* [Mar] **5**(1): 467 – 505. Published online 2015 Feb 11. doi: 10.3390/life5010467
- Gilbert, W., 1986. The RNA World. *Nature*, **319**, 618.
- Green, N.P.O., Stout, G. W., Taylor, D.J. & Soper, R., 2005. *Biological science*. Cambridge University Press
- Hatton, B., 2007. *The emergence of nucleic acids in an iron-sulphur world*. Cardiff University School of Earth, Ocean and Planetary Sciences.
- Luzcano, A., 2010. Historical development of origins research. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, **2**(11), PMC 2964185
- Mansy, S. S., Schrum, J. P., Krishnamurthy, M., Tobé, S., Treco, D.A. & Szostak, J. J. W., 2008. Template-directed synthesis of a genetic polymer in a model protocell. *Nature*, **454**, 122 – 125.

- Martin, W. F. & Russell, M. J., 2006. *On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent*. <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2006.1881>
- Mulkidjanian, A. Y. & Galperin M. Y., 2009. On the origin of life in the zinc world. 2. Validation of the hypothesis on the photosynthesizing zinc sulfide edifices as cradles of life on Earth. *Biology Direct*, DOI: 10.1186/1745-6150-4-27. PMID: **19703275** PMCID: PMC2749021
- Neveu, M., Kim, H. J. & Benner, S. A., 2013. The “Strong” RNA world hypothesis: Fifty years old. *Astrobiology*, **13**(4), 391 – 403, Mary Ann Liebert, Inc. DOI: 10.1089/ast.2012.0868
- Rich, A., 1962. On the problems of evolution and biochemical information transfer. In *Horizons in Biochemistry*, edited by M. Kasha and B. Pullman, Academic Press, New York, 103 – 126.
- Sousa, F.L., Thiergart, T., Landan G., Nelson-Sathi, S., Pereira, I.A., Allen, J.F., Lane, N. & Martin, W.F., 2013. Early bioenergetic evolution. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 368 doi: 10.1098/rstb. 0088. [Google Scholar]
- Szostak, J. W., 2016. On the origin of life. *Medicina* (Buenos Aires), **76**, 199 – 203; ISSN: 1669-9106.
- Wächtershäuser, G., 1992. Groundworks for an evolutionary biochemistry: the iron-sulphur world. *Progress in biophysics and molecular biology*; **58**, 85–201 (1992) Article [Google Scholar]

DEVELOPMENT OF THE HYPOTHESES FOR THE BIOCHEMICAL ORIGIN OF LIFE

Abstract. Analyzes the main positions and critiques of leading hypotheses about the biochemical origin of life as a result of new achievements in natural sciences and technologies. Compares their basic characteristics in respect to proposed geochemical conditions and argued consequences of biochemical processes. Gives description of the last common universal common ancestor of all living things – LUCA.

Keywords: hypotheses; main stages and scientific data; abiogenic synthesis; evolution, genomics; LUCA.

✉ **Assoc. Prof. Zdravka Kostova, DSc.**

Department of Information and In-service Teacher Training
Sofia University
Sofia, Bulgaria
E-mail: zdravkako@abv.bg