



Biogeneza oczami chemika

Foto – Dreamstime

Terminem tym określa się powstanie życia i następnie jego biochemiczną ewolucję na Ziemi. *Bio* znaczy życie, a *genesis* odpowiada słowu – rodzenie się, powstawanie. Istnieje wiele hipotez pochodzenia życia na Ziemi.

Rafał Simon, Marta Wąsik

S. Arrhenius był autorem tzw. teorii panspermii, postulującej, iż „zarodniki życia”, w postaci np. bakterii dotarły na Ziemię z kosmosu, transportowane przez komety. Późniejsze koncepcje poszukiwały źródeł życia na Ziemi. Hipotezę spontanicznego powstawania związków organicznych z prostych substancji nieorganicznych po raz pierwszy w latach 20. XX wieku przedstawili dwaj badacze: rosyjski biochemik A. I. Oparin oraz szkocki fizjolog i genetyk J. B. S. Haldane.

W latach 50 XX w. hipotezę tę zbadali amerykańscy biochemicy S. Miller i H. Urey, którzy zaprojektowali aparaturę symulującą warunki przypuszczalnie panujące na Ziemi w erze prebiotycznej. Poddawali oni mieszaninę gazów (o składzie zbliżonym do pierwotnej ziemskiej atmosfery), złożoną z wodoru, metanu, wody i amoniaku wyładowaniom elektrycznym, naśladującym błyskawice. W wyniku analizy mieszaniny poreakcyjnej dowiedziono istnienie w niej aminokwasów i innych związków organicznych.

Eksperyment powtarzano wielokrotnie z różnymi proporcjami gazów i w jego efekcie otrzymywano: 20 znanych aminokwasów, kilka rodzajów sacharydów, lipidy, nukleotydy RNA i DNA, a także ATP. Prawdopodobnie

zanim jeszcze powstało życie, takie związki organiczne akumulowały się w środowisku i tworzyły tzw. bulion pierwotny. I tak z monomerów na drodze kondensacji powstały polimery (łańcuchy). Dane geologiczne potwierdzają, że reakcje kondensacji zachodziły na rozgrzanych skałach lub ilach, zawierających jony potrzebne jako katalizatory tych reakcji polikondensacji.

Według kolejnej, tzw. hipotezy „świata żelazowo-siarkowego”, prekursorzy życia tworzyły się w szczelinach dna oceanu. To tam, w szczelinach skorupy oceanicznej, gdzie zachodzi ciągłe mieszanie się gorącej wody, tlenków węgla i minerałów, np. siarczku żelaza i niklu mogłaby zachodzić ewolucja chemiczna (polegająca w istocie na reakcjach polimeryzacji). Takie hydrotermalne kominy były ponadto mniej narażone na potężne katastrofy wynikające np. z upadków meteorytów. Doświadczenia wykonywane w laboratoriach potwierdzają powstanie w nich prostych związków organicznych np. kwasu octowego i kwasów nukleinowych.

Mamy już zatem polimery, a co dalej? Istnieją już tylko przesłanki, według których polimery spontanicznie łączyły się w bardziej skomplikowane struktury abiotyczne, tzw. protobionty. Przypominały one pierwsze „pra-komórki”, gdyż wykazywały wiele cech strukturalnych i funkcjonalnych podobnych do normalnych komórek, np. mogły

dzielić się po osiągnięciu pewnych krytycznych rozmiarów (następowało więc rozmnażanie przez podział), utrzymywać wewnętrzne środowisko (czyli homeostazę), wykazywać początki procesów katalitycznych, w tym enzymatycznych (co oznaczało w istocie pierwotny metabolizm).

Odmianą protobiontów są mikrosfery, tworzące się, kiedy polimer związku organicznego zetknie się z wodą. Na ich powierzchni powstaje napięcie międzyfazowe, przez co powstaje sytuacja przypominająca istnienie gradientu potencjału elektrochemicznego wzdłuż takiej „błony komórkowej”. Mikrosfery takie mają zdolność pobierania ze środowiska zewnętrznego związków chemicznych (prymitywna fagocytoza) oraz reagowania na zmiany ciśnienia osmotycznego (turgor).

A jak to było z kwasami nukleinowymi, replikacją, powielaniem i ciągłością życia na Ziemi? Wielu naukowców twierdzi, że to RNA był pierwszą cząsteczką niosącą informację genetyczną. Za przesłanki takiego poglądu uważa się jego prostszą (niż DNA) budowę i jednoniciowy charakter cząsteczki. Według hipotezy „świata RNA” to skład chemiczny pierwotnej Ziemi umożliwił powstanie samoreplikujących się cząsteczek RNA, które były jednocześnie katalizatorami i substratami swej własnej replikacji. W istocie niektóre RNA wykazują właściwości katalityczne i noszą nazwę rybozymów. Dopiero wiele później powstał DNA i nowy model replikacji semikonserwatywnej.

Na tym kończy się ewolucja chemiczna, a zaczyna biologiczna, oznaczająca powstanie pierwszych komórek. Ślady węgla pochodzenia organicznego w starych skałach Grenlandii wskazują, że życie istnieje tam co najmniej od 3,8 miliarda lat. Różne mikroskamieniałości – pradawne pozostałości mikroskopijnych organizmów także dowodzą, że życie mogło istnieć już 3,5 miliarda lat temu.

Pierwsze formy życia miały zapewne charakter komórek prokariotycznych (niemających wyodrębnionego jądra komórkowego). Wytworem niektórych z nich są stromato-

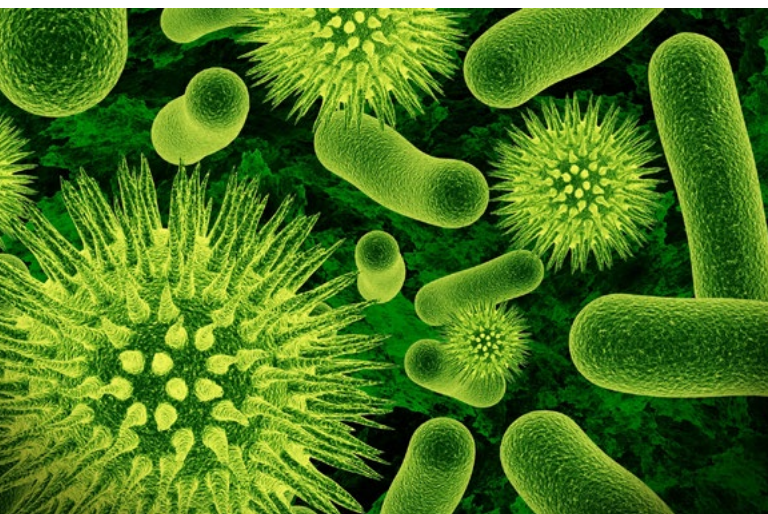
lity – struktury przypominające kolumny złożone z cienkich warstw komórek prokariotycznych. Takie kopalne stromatolity znaleziono w różnych częściach Ziemi, m.in. w rejonie Wielkiego Jeziora Niewolniczego w Kanadzie oraz w formacji Gunflint wzdłuż Jeziora Górnego w USA. Znane są także bardzo stare ich pokłady w Australii. Obecnie powstające stromatolity można znaleźć w gorących źródłach i ciepłych płytkich zbiornikach słodkiej i słonej wody (te same mechanizmy geologiczne działają po dzień dzisiejszy – co oznacza tzw. aktualizm geologiczny).

Pierwsze żywe komórki były prawdopodobnie cudzożywne (heterotroficzne). Te prymitywne heterotrofy żywiły się (fagocytowały) spontanicznie powstającymi cząsteczkami organicznymi: węglowodanami, nukleotydami i aminokwasami. Energię do procesów życiowych otrzymywały, przeprowadzając proces fermentacji (oddychania beztlenowego). Późniejsze organizmy wykorzystywały energię słoneczną, którą magazynowały w postaci związku wysokoenergetycznego – ATP. Dalsza ewolucja doprowadziła do powstania organizmów samożywnych (autotrofów) wykorzystujących energię słoneczną jako źródło (donor) elektronów, które redukują dwutlenek węgla i był to prototyp fotosyntezy. Jedyną modyfikacją było to, że zamiast wody w tym procesie brał udział siarkowodor (którego wtedy w środowisku nie brakowało). Do dziś żyją organizmy, które utrzymują taki schemat fotosyntezy – np. bakterie zielone i purpurowe. Stopniowo pojawiły się nowe organizmy prokariotyczne tzw. sinice (cyjanobakterie) i to właśnie ich zasługą było uwalnianie się do atmosfery dużych ilości tlenu powstającego w zmodyfikowanym procesie fotosyntezy. Trzeba dodać, że to wszystko działo się około 3,1 – 3,5 mld lat temu.

Jeszcze później powstały organizmy tlenowe (aerobowe). Około 2 mld lat temu stężenie tlenu w atmosferze było tak duże, że większość tzw. bezwzględnych beztlenowców niewątpliwie wymarła. Nieliczne z nich przetrwały po

Stromatolity z Laguny Bacalar w Meksyku. Foto – Dreamstime





Bakteria zielona. Foto – Dreamstime

dzień dzisiejszy w środowiskach, do których nie dochodził tlen, a inne wyspecjalizowały się (na drodze adaptacji neutralizujących) do nowych warunków. Wtedy to powstały pierwsze tlenowce, które wytworzyły łańcuch oddechowy. Proces oddechowy stał się tym samym bardziej wydajny (powstaje więcej ATP z 1 g glukozy).

Ostatnim etapem biogenezy było powstanie form eukariotycznych z prokariotycznych. Prawdopodobnie eukarionty (komórki mające wyodrębnione jądra komórkowe) pojawiły się w zapisie kopalnym 1,5-1,6 mld. lat temu, lecz dane geochemiczne mówią, że mogły pojawić się nawet wcześniej. W Australii, w skałach datowanych na 2,7 mld lat odkryto sterany – pochodne sterydów, które

w ogóle nie występowały u bakterii (prokariotów), a były charakterystyczne wyłącznie dla komórek eukariotycznych. Komórki prokariotyczne nie mają otoczki jądrowej ani innych organelli obłonionych (mitochondria, chloroplasty). Teoria endosymbiozy Lynn Margulis tłumaczy powstanie ich u eukariontów na drodze symbiozy dwóch prokariotów – chloroplasty to pradawne bakterie fotoautotroficzne (cyjanobakterie), które wniknęły (zamieszkały) do wnętrza większych komórek cudzożywnych, a mitochondria pochodzą od bakterii tlenowych, które żyły wewnątrz komórek beztlenowców. Głównym argumentem przemawiającym za słusznością tej teorii było posiadanie własnego materiału genetycznego, mechanizmów translacji itp.

Późniejsze etapy ewolucji to już wytworzenie form kolonijnych, wielokomórkowych, tkankowych itd. A to już bardziej złożona historia...

mgr Rafał Simon

nauczyciel biologii, chemii i przyrody
Zespół Szkół S.R. K.A. K. Chorzów, Społeczna Szkoła Podstawowa Dąbrowa Górnicza,
NSP „Niebieski Zakątek” Chorzów

dr Marta Wąsik

Uniwersytet Opolski, Instytut Nauk Medycznych,
Zakład Biochemii Klinicznej i Diagnostyki Laboratoryjnej

Literatura:

- [1] wikipedia.pl
- [2] A. Czubaj (red.) „Biologia”, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1999 r.
- [3] A. Jerzmanowski „Biologia” kl. 4 lo prof. biol-chem WSiP, Warszawa 1999 r.
- [4] Olimpiada Biologiczna 1997 r. – etap II, część ustna - pytanie konkursowe.

Mech mający 2 mln lat

Jeden z gatunków mchów (*Syntrichia sarconeurum*) przetrwał na Antarktydzie co najmniej dwa miliony lat – udowodnili polscy naukowcy. „To istotny wkład w odczytanie historii bioróżnorodności Antarktyki” – powiedział w rozmowie z PAP dr Michał Ronikier z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie.

Wyniki prac zespołu polskich naukowców zostały opublikowane w *Journal of Biogeography*. Pomogą one w tworzeniu prognoz, dotyczących reagowania bioróżnorodności na zmiany klimatu.

Mchy stanowią główny komponent pokrywy roślinnej Antarktyki. Od dawna wiadomo, że mają duże fizjologiczne zdolności przetrwania stresu związanego z niskimi temperaturami i suchością środowiska. Mimo delikatnej budowy mogą pozostać żywe przez setki lat.

Jednak – jak mówi w rozmowie z PAP dr Michał Ronikier – naukowców „nurtowało pytanie, jak daleko sięgają ich możliwości przetrwania w Antarktyce, a przede wszystkim na kontynencie Antarktydy”. Współcześnie powierzchnia wolnych od lodu obszarów lądowych Antarktyki jest szacowana na około 0,5 proc., a w okresie zlodowaceń była jeszcze mniejsza.

„Do niedawna dominowała hipoteza całkowitego wymarcia antarktycznej bioty (wszystkich organizmów, obecnych w regionie geograficznym w określonym czasie – PAP) w historycznych okresach zlodowaceń, ale badania na bezkręgowcach dawały nadzieję, że nawet w okresach maksimów zlodowaceń – kiedy warunki klimatyczne były najbardziej



Źródło: dr Michał Ronikier

ekstremalne – pewne organizmy znalazły swoje refugia, czyli ostoje, w których przetrwały najtrudniejszy czas” – tłumaczy dr Michał Ronikier, szef zespołu badającego historię antarktycznych mchów